

**PEMBUATAN *WETTING TENSION TEST MIXTURE* UNTUK  
PENGUKURAN TEGANGAN PERMUKAAN FILM PLASTIK  
PADA INDUSTRI *FLEXIBLE PACKAGING***

**FADJAR DHAHANA DJATI**

**5315117184**



Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Pendidikan

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
2016**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : PEMBUATAN *WETTING TENSION TEST MIXTURE* UNTUK  
PENGUKURAN TEGANGAN PERMUKAAN FILM PLASTIK  
PADA INDUSTRI *FLEXIBLE PACKAGING*  
Nama : FADJAR DHAHANA DJATI  
No. Reg : 5315117184

### DOSEN PEMBIMBING

NAMA	TANDA TANGAN	TANGGAL
Dosen Pembimbing 1		
1. Dr. Riza Wirawan NIP.197804112005011003	1 .....	1 .....
Dosen Pembimbing 2		
2. Siska Titik Dwiwati, S.Si., MT NIP.197812122006042002	2 .....	2 .....

### DOSEN PENGUJI

NAMA	TANDA TANGAN	TANGGAL
Ketua		
1. Prof. Dr. HJ. Zulfiati S., M.Pd NIP.195008071976032001	1 .....	1 .....
Sekretaris		
2. Lukman Arhami, S.Pd., M.T. NIP.197901032005011003	2 .....	2 .....
Sekretaris		
3. Eko Arif Syaefudin, S.T., M.T. NIP.198310132008121002	3 .....	3 .....

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin  
Universitas Negeri Jakarta

Ahmad Kholil, ST., MT.  
NIP. 197908312005011001

## ABSTRAK

**FADJAR DHAHANA DJATI.** Pembuatan *Wetting Tension Test Mixture* Untuk Pengukuran Tegangan Permukaan Film Plastik Pada Industri *Flexible Packaging*. Pembimbing Dr. Riza Wirawan dan Siska Titik Dwiwati, S.Si., MT. Skripsi, Jakarta: Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Maret 2016.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan permukaan film PET dengan ketebalan  $12\mu\text{m}$ , pengaruh cairan *wetting tension test mixture* dengan nilai tegangan 40 mN/m sampai 45 mN/m terhadap waktu dan viskositasnya serta mengetahui apakah cairan *wetting tension test mixture* yang diteliti dapat menjadi solusi bagi industri kemasan karena sulitnya mendapatkan cairan *wetting tension mixture* impor. Untuk mengukur waktu kumpul cairan terhadap permukaan film plastik menggunakan metode *swap* sesuai ISO 8296. Kemudian untuk mendapatkan nilai viskositas cairan *wetting tension test mixture* menggunakan hukum *Poiseuille* dengan alat viskometer *ostwald*.

Berdasarkan hasil analisis data, dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan permukaan film plastik PET dengan ketebalan  $12\mu\text{m}$  adalah  $>45\text{ mN/m}$ . Nilai viskositas cairan *wetting tension test mixture* 40 mN/m yang diteliti adalah sebesar 4,07 Poise, sedangkan cairan dengan nilai tegangan 45 mN/m memiliki nilai viskositas sebesar 3,69 Poise. Cairan *wetting tension test mixture* 40 mN/m yang diteliti memiliki waktu kumpul 86,6 detik, sedangkan cairan impor dengan nilai tegangan yang sama adalah 84,9 detik. Untuk cairan *wetting tension test mixture* 45 mN/m memiliki waktu kumpul sebesar 9,5 detik, sedangkan cairan impor memiliki waktu sebesar 9,3 detik. Larutan kimia yang menjadi komposisi cairan *wetting tension test mixture* yang diteliti dan cairan impor adalah *Formamide* dan *Ethylene Glycol Monoethyl Ether*. Dari waktu kumpul dan jenis larutan sebagai komposisi, cairan *wetting tension test mixture* yang diteliti dapat digunakan sebagai solusi dalam kesulitan mendapatkan cairan *wetting tension test mixture* impor.

Kata kunci : industri kemasan, ISO 8296, *wetting tension test mixture*.

## **ABSTRACT**

**FADJAR DHAHANA DJATI.** *The Making of Wetting Tension Test Mixture for Tension Measurement for Plastic Film on Flexible Packaging Industry. Advisor Dr. Riza Wirawan and Siska Titik Dwiwati, S.Si., MT. Thesis, Jakarta: Education of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta. March 2016.*

*This research's purpose is to know the surface tension value of PET plastic film with the thickness of  $12\mu\text{m}$ , the effect of wetting tension test mixture liquid with tension value from  $40\text{ mN/m}$  to  $45\text{ mN/m}$  on it's time and viscosity and to find out if the wetting tension test mixture liquid that is used as research material can be used as a solution for packaging industry due to the difficulty of obtaining the wetting tension mixture liquid from outside of Indonesia. To measure the time of the liquid gathering on plastic film surface, the swap method is used the ISO 8296. Then to get the viscosity value of wetting tension test mixture liquid, the law of Poiseuille using viscometer ostwald tool is used.*

*Based on the data analysis, it's concluded that the surface tension value of PET plastic film with the thickness of  $12\mu\text{m}$  is more than  $45\text{ mN/m}$ . Viscosity value of wetting tension test mixture liquid of  $40\text{ mN/m}$  used is  $4.07\text{ Poise}$ , while the liquid with the tension value of  $45\text{ mN/m}$  has the viscosity value of  $3.69\text{ Poise}$ . Wetting tension test mixture liquid of  $40\text{ mN/m}$  used resulted time of  $86.6\text{ seconds}$ , while the imported liquid with the same value resulted time of  $84.9\text{ seconds}$ . For wetting tension test mixture liquid of  $45\text{ mN/m}$  resulted time of  $9.5\text{ seconds}$ , while the imported liquid takes  $9.3\text{ seconds}$ . The chemical composition of both wetting tension test mixture liquid used in this research and the imported liquid are a composed of Formamide and Ethylene Glycol Monoethyl Ether. From the resulted time and the type of liquid as composition, the wetting tension test mixture liquid used in this research can be used as an alternative of wetting tension test mixture liquid.*

**Keywords :** *Packaging Industry, ISO 8296, wetting tension test mixture.*

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi/ karya inovatif saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa cabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis saya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Januari 2016

Yang membuat pernyataan

Fadjar Dhahana Djati

No. Reg: 5315117184

## KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan ke khadirat Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat, nikmat serta karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “Pembuatan *Wetting Tension Test Mixture* Untuk Pengukuran Tegangan Permukaan Film Plastik Pada Industri *Flexible Packaging*”.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak, berupa bantuan moril maupun materil baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Ahmad Kholil, ST., M.T., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
3. Bapak Dr. Catur Setyawan K, M.T., selaku Pembimbing Akademik.
4. Bapak Dr. Riza Wirawan selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan motivasi, saran, dan bimbingan kepada penulis.
5. Ibu Siska Titik Dwiwati, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
6. Orang tua dan adik-adik tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan studi.
7. Bapak Pratomo Setyadi, S.T., M.T., yang memberikan bimbingan selama menempuh pendidikan di Universitas Negeri Jakarta.
8. Kawan-kawan seperjuangan di Teknik Mesin, khususnya Macam Malam dan NRB11 yang terus memberikan dukungan motivasi.

9. Tyala Ruri Anjani yang selalu memberikan semangat serta perhatian dan pengertian waktunya.

Penulis menyadari tanpa bimbingan dan dukungan dari semua pihak maka skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penyelesaian penyusunan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sebagai arahan serta pedoman dalam melaksanakan kegiatan penyusunan skripsi dan para pembaca umumnya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kelemahan. Dalam penyusunan skripsi penulis telah berusaha semaksimal mungkin sesuai dengan kemampuan penulis. Namun sebagai manusia biasa, penulis tidak luput dari kesalahan dan kekhilafan baik dari segi teknik penulisan maupun tata bahasa. Oleh karena itu, kritik dan saran dari para pembaca sangat diharapkan penulis demi kesempurnaan dan pengembangan penulisan yang lain menjadi lebih baik di masa yang akan datang.

Jakarta, Januari 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
 BAB I PENDAHULUAN .....	 1
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	2
C. Pembatasan Masalah .....	3
D. Perumusan Masalah .....	3
E. Tujuan Penelitian .....	4
F. Manfaat Penelitian .....	3
 BAB II LANDASAN TEORI .....	 5
A. Kemasan Fleksibel .....	5
1. Fungsi dan Tujuan Kemasan .....	6
2. Material .....	6
a. PET .....	8
B. Tegangan Permukaan .....	11
1. <i>Corona Treatment</i> .....	15
2. <i>Wetting Tension Test Mixture</i> .....	20
C. Viskositas .....	24
1. Viskometer Ostwald .....	25
D. Higrometer .....	27



BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	30
A. Tujuan Operasional Penelitian .....	30
B. Tempat dan Waktu Analisis .....	30
C. Metode Penelitian .....	31
D. Instrumen Penelitian .....	32
E. Prosedur Penelitian .....	35
F. Perancangan .....	36
G. Uraian Pembuatan .....	37
H. Pengambilan Data dan Pengujian <i>Wetting Tension Test Mixture</i> .....	38
I. Teknik Analisis Data .....	40
BAB IV HASIL DAN ANALISIS .....	41
A. Validasi Alat .....	41
B. Hasil Pengukuran Viskositas <i>Wetting Tension Test Mixture</i> .....	42
C. Hasil Pengujian <i>Wetting Tension Test Mixture</i> .....	52
D. Pembahasan .....	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	65
A. Kesimpulan .....	65
B. Saran .....	66
DAFTAR PUSTAKA .....	67
LAMPIRAN .....	68

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Adhesi antara permukaan plastik dengan cairan <i>wetting tension test mixture</i> .....	2
Gambar 2.1	Ikatan kovalen PET ( <i>Polyethylene Terephthalate</i> ) .....	9
Gambar 2.2	PET ( <i>Polyethylene Terephthalate</i> ) termasuk golongan ester .....	9
Gambar 2.3	Struktur kimia PET ( <i>Polyethylene Terephthalate</i> ) .....	9
Gambar 2.4	Perbandingan antara <i>surface free energy solid</i> dan tegangan permukaan cair .....	10
Gambar 2.5	Representasi gaya antarmolekul dalam cairan .....	11
Gambar 2.6	Terjadinya tegangan permukaan .....	12
Gambar 2.7	Penampakan permukaan plastik dengan energi permukaan yang rendah dan tinggi terhadap cairan .....	16
Gambar 2.8	Proses ionisasi pada <i>corona treatment</i> .....	17
Gambar 2.9	Properti material yang akan diproses <i>corona treatment</i> .....	17
Gambar 2.10	Grafik hubungan antara material faktor terhadap tegangan permukaan film plastik .....	18
Gambar 2.11	Hasil cetak pada permukaan plastik sebelum dan sesudah <i>corona treatment</i> .....	20
Gambar 2.12	Viskometer ostwald .....	25
Gambar 2.13	Higrometer digital .....	29
Gambar 3.1	Diagram alur penelitian pembuatan <i>wetting tension test mixture</i> .....	35
Gambar 3.2	Viskometer ostwald dan pemasangannya .....	36
Gambar 4.1	Nilai viskositas <i>wetting tension test mixture</i> .....	51
Gambar 4.2	Hasil uji <i>wetting tension test mixture</i> .....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai dyne pada plastik berdasarkan penggunaannya .....	19
Tabel 2.2	Komposisi campuran larutan <i>wetting tension test mixture</i> pada permukaan film .....	22
Tabel 2.3	Viskositas berbagai cairan pada temperatur yang berbeda dalam sentipoise (cP) .....	27
Tabel 3.1	Komposisi larutan <i>wetting tension test mixture</i> .....	37
Tabel 4.1	Nilai viskositas <i>wetting tension test mixture</i> 40 mN/m impor ...	43
Tabel 4.2	Nilai viskositas <i>wetting tension test mixture</i> 45 mN/m impor ...	44
Tabel 4.3	Nilai viskositas <i>wetting tension test mixture</i> 40 mN/m .....	45
Tabel 4.4	Nilai viskositas <i>wetting tension test mixture</i> 41 mN/m .....	46
Tabel 4.5	Nilai viskositas <i>wetting tension test mixture</i> 42 mN/m .....	47
Tabel 4.6	Nilai viskositas <i>wetting tension test mixture</i> 43 mN/m .....	48
Tabel 4.7	Nilai viskositas <i>wetting tension test mixture</i> 44 mN/m .....	49
Tabel 4.8	Nilai viskositas <i>wetting tension test mixture</i> 45 mN/m .....	50
Tabel 4.9	Data nilai viskositas <i>wetting tension test mixture</i> .....	51
Tabel 4.10	Waktu kumpul cairan <i>wetting tension test mixture</i> 40 mN/m impor .....	53
Tabel 4.11	Waktu kumpul cairan <i>wetting tension test mixture</i> 45 mN/m impor .....	54
Tabel 4.12	Waktu kumpul cairan <i>wetting tension test mixture</i> 40 mN/m ...	55
Tabel 4.13	Waktu kumpul cairan <i>wetting tension test mixture</i> 41 mN/m ...	56
Tabel 4.14	Waktu kumpul cairan <i>wetting tension test mixture</i> 42 mN/m ...	57
Tabel 4.15	Waktu kumpul cairan <i>wetting tension test mixture</i> 43 mN/m ...	58
Tabel 4.16	Waktu kumpul cairan <i>wetting tension test mixture</i> 44 mN/m ...	59
Tabel 4.17	Waktu kumpul cairan <i>wetting tension test mixture</i> 45 mN/m ...	60
Tabel 4.18	Data waktu kumpul cairan <i>wetting tension test mixture</i> .....	61

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Perhitungan viskositas <i>wetting tension test mixture</i> 40mN/m impor .....	69
Lampiran 2	<i>International Standardization Organisation</i> (ISO) 8296 .....	71
Lampiran 3	<i>International Standardization Organisation</i> (ISO) 291 .....	77
Lampiran 4	Surat elektronik dari Wako Chemical .....	86
Lampiran 5	Label material <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET) tebal 12µm ....	87

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

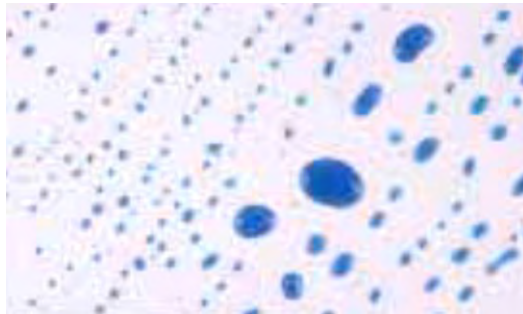
### **A. Latar Belakang Masalah**

Tegangan permukaan adalah besarnya energi yang terjadi karena adanya perbedaan gaya tarik yang menyebabkan gaya tersebut ke bawah sehingga permukaan berkonstraksi dan berada dalam keadaan tegang. Pada perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan kemasan dengan bahan plastik atau yang lebih dikenal dengan istilah *Flexible Packaging*. Pengukuran tegangan permukaan pada film plastik yang digunakan dilakukan untuk mengetahui apakah tinta yang akan dicetak pada permukaan film plastik dapat melekat dengan baik atau tidak. Pengukuran tegangan permukaan film plastik dilakukan dengan bantuan cairan ukur *wetting tension test mixture*.

Cairan *wetting tension test mixture* merupakan cairan yang digunakan untuk mengukur tegangan film plastik yang telah mengalami kenaikan tegangan permukaan dengan proses perlakuan korona (*corona treatment*). Proses *corona treatment* ini melepaskan tegangan listrik tinggi yang digunakan untuk menaikkan adhesi pada permukaan film plastik.

Namun terdapat kesulitan yang harus dihadapi oleh industri kemasan dalam memperoleh cairan *wetting tension test mixture*. Karena cairan *wetting tension test mixture* termasuk produk impor, maka membutuhkan waktu yang

cukup lama dalam proses pengirimannya.<sup>1</sup> Selain itu, harga beli yang harus dibayarkan terbilang cukup tinggi untuk cairan ukur dengan kapasitas 50 ml.



Gambar 1.1 Adhesi antara permukaan plastik dengan cairan *wetting tension test mixture*.<sup>2</sup>

Berdasarkan latar belakang tersebut, pembuatan *wetting tension test mixture* perlu dilakukan. Diharapkan pembuatan *wetting tension test mixture* ini dapat menjadi solusi bagi perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang percetakan, khususnya percetakan kemasan fleksibel dalam menghadapi keterbatasan persediaan cairan *wetting tension test mixture* impor.

## B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang diuraikan di atas, maka peneliti mengidentifikasi masalah yang ada antara lain :

1. Peralatan apa saja yang digunakan untuk membuat *wetting tension test mixture*?
2. Bahan apa saja yang digunakan untuk membuat *wetting tension test mixture*?
3. Bagaimana cara membuat *wetting tension test mixture*?

<sup>1</sup> K. Miyazawa. *Wetting Agent*. Sematec PTE LTD. <https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/> (diakses tanggal 25 Maret 2015)

<sup>2</sup> *Wako Product Update No. 3. Analytical Chemistry*. search.wako-chem.com. 2002. <http://www.wako-chem.co.jp/english/labchem/pdf/proup3.pdf> (diakses tanggal 12 Juni 2015)

4. Parameter apa yang mempengaruhi tegangan permukaan?

### C. Pembatasan Masalah

Mengingat begitu kompleksnya pembahasan mengenai cairan ukur *wetting tension test mixture* dengan keterbatasan biaya, waktu dan tenaga serta agar penelitian dan analisis cairan ukur *wetting tension test mixture* menjadi lebih jelas dan terarah, maka pembatasan masalah pada penelitian hanya pada :

1. Senyawa hanya pada *wetting tension test mixture* 40 mN/m sampai 45 mN/m dengan kapasitas 50 ml.
2. Senyawa kimia yang digunakan dalam pembuatan *wetting tension test mixture* adalah *Formamide* ( $\text{HCONH}_2$ ) dan *Ethylene Glycol Monoethyl Ether* ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_4\text{OH}$ ).<sup>3</sup>
3. Parameter yang diteliti adalah nilai viskositas dan lama waktu berkumpulnya cairan *wetting tension test mixture* pada permukaan film plastik.
4. Temperatur pengujian pada temperatur  $24^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$  dengan kelembaban relatif  $53\% \pm 2\%$ .

### D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan pembatasan masalah di atas maka perumusan masalah yang diangkat adalah Bagaimana pembuatan *wetting tension test mixture* yang memiliki spesifikasi yang sama dengan *wetting tension test mixture* impor?

---

<sup>3</sup> ISO 8296:1987. *Plastics-Film and Sheeting-Determination of Wetting Tension* (1987). h. 3

### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai tegangan permukaan film plastik PET dengan ketebalan  $12\mu\text{m}$ .
2. Mengetahui pengaruh cairan *wetting tension test mixture* dengan nilai tegangan 40 mN/m, 41 mN/m, 42 mN/m, 43 mN/m, 44 mN/m dan 45 mN/m terhadap waktu.
3. Mengetahui pengaruh cairan *wetting tension test mixture* dengan nilai tegangan 40 mN/m, 41 mN/m, 42 mN/m, 43 mN/m, 44 mN/m dan 45 mN/m terhadap viskositas.
4. Mengetahui apakah cairan *wetting tension test mixture* yang diteliti dapat menjadi solusi bagi industri kemasan dalam mendapatkan cairan *wetting tension test mixture* impor.

### **F. Manfaat Penelitian**

Bagi industri, dapat memberikan tambahan pengetahuan atau informasi mengenai pembuatan standar cairan *wetting tension test mixture* dengan memanfaatkan sumber daya manusia yang sebelumnya dapat diberikan pelatihan mengenai proses pembuatannya.



## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Kemasan Fleksibel**

Penggunaan kemasan fleksibel di kalangan masyarakat yang semakin konsumtif ini menjadi salah satu cara bagi suatu perusahaan dalam memasarkan produknya. Pemilihan kemasan fleksibel yang digunakan untuk mengemas berbagai produk baik padat maupun cair dimanfaatkan sebagai pengganti kemasan produk yang sebelumnya sudah ada, baik kemasan dari kertas maupun kemasan dari kaleng dengan keuntungan ekonomis dan lebih mudah dalam proses produksinya. Bentuk dan penggunaan desain serta penggunaan warna yang menarik dan unik digunakan agar konsumen dapat memperhatikan produknya sehingga konsumen atau pembeli tertarik untuk membeli produknya tersebut.

Kemasan Fleksibel adalah suatu bentuk kemasan yang bersifat fleksibel yang dibentuk dari aluminium foil, film plastik, selopan, film plastik berlapis logam aluminium (*metalized film*) dan kertas dibuat satu lapis atau lebih dengan atau tanpa bahan *thermoplastic* maupun bahan perekat lainnya sebagai pengikat ataupun pelapis konstruksi kemasan dapat berbentuk lembaran, kantong, sachet maupun bentuk lainnya.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Departemen Jenderal Industri Kecil Menengah. *Kemasan Flexible*. Departemen Perindustrian. <http://www.kemenperin.go.id/download/141/Pelatihan-Kemasan-Flexible> (diakses tanggal 7 Agustus 2015. Pukul 23.10 WIB). h. 1

## 1. Fungsi dan Tujuan Kemasan

Dalam pembuatan kemasan fleksibel terdapat fungsi dan tujuan yang memuaskan konsumen dan juga produsen. Sebagai kemasan yang digunakan oleh banyak konsumen, tentu sebuah kemasan harus memiliki fungsi sebagai berikut<sup>5</sup> :

- a. Harus dapat mawadahi produk atau isi dari kemasan
- b. Harus dapat melindungi produk
- c. Harus dapat menjual produk
- d. Biaya-biaya bahan pengemasan tersebut ditinjau secara keseluruhan adalah wajar dan otomatis

## 2. Material

Seperti yang telah disebutkan di atas, bahwa kemasan biasanya dibentuk dari aluminium foil, film plastik, selopan, film plastik berlapis logam dan kertas yang dibuat menjadi satu lapis atau lebih.

Selain menggunakan aluminium foil, industri kemasan fleksibel pada umumnya banyak menggunakan film plastik sebagai bahan utamanya. Film plastik dapat dibuat dengan berbagai cara dan proses yang kemudian diberi pelapisan (*coating*), perlakuan khusus (*treatment*) atau pelapisan dengan film yang lain (*lamiasi*) untuk mendapatkan film plastik dengan berbagai sifat fisik, kimia, mekanis maupun elektrik. Banyak keunggulan yang dimiliki oleh film plastik, sehingga film plastik banyak digunakan di

---

<sup>5</sup> *Ibid.* h. 1

industri kemasan. Beberapa keunggulan dari film plastik diantaranya sebagai berikut :

- a. Ulet
- b. Bersifat *barrier*
- c. Memiliki daya tahan terhadap kimia
- d. Memiliki *permeability* gas yang baik
- e. Memiliki daya tahan terhadap minyak dan pelumas (*food*)
- f. Memiliki transmisi *moisture* yang baik

Selain sifat-sifat yang disebutkan di atas, sifat fisik dan kimiawi pada film plastik juga diperlukan untuk beberapa tipe kemasan tertentu yang berkaitan dengan konten atau isi dari kemasan tersebut. Beberapa sifat tersebut diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Berat Jenis (*Density*)
- b. Kekuatan tarik (*Tensile strength*)
- c. Kekuatan benturan (*Impact strength*)
- d. Kekakuan (*Stiffness*)

Selain itu, film plastik juga perlu memiliki sifat *dimensional ability*, tahan terhadap sinar UV (*Ultraviolet*), *heat seal range flameability*, mudah diproses pada mesin produksinya, mengkilap, transparan dan mudah dicetak.

Film plastik yang digunakan ini biasa disebut *polymer*. Terdapat beberapa jenis film plastik yang biasa digunakan dalam produk kemasan. Beberapa film plastik yang biasa digunakan adalah PET (*Polyethylene*

*Terephthalate*), ON (*Oriented Nylon*) dan OPP (*Oriented Polypropylene*). Film plastik jenis ini biasa digunakan sebagai material yang akan dicetak. Untuk film plastik yang digunakan sebagai perekat (*heat seal layer*) biasanya menggunakan HDPE (*High Density Polyethylene*), LDPE (*Low Linier Density Polyethylene*) dan CPP (*Cast Polypropylene*). Menyambung dengan penelitian yang dilaksanakan, maka pemilihan film plastik yang dipilih sebagai spesimen adalah film plastik PET (*Polyethylene terephthalate*). Pemilihan film plastik tersebut sebagai objek pengujian karena seringnya film plastik tersebut digunakan pada proses pelapisan dan cetak.

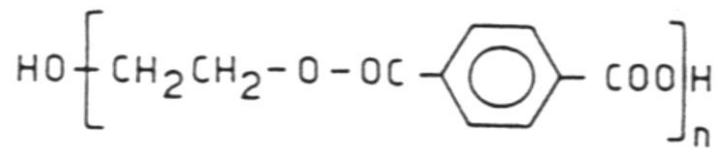
#### **a. PET (*Polyethylene Terephthalate*)**

Sebelum membahas lebih jauh mengenai film PET, perlu diketahui juga mengenai film *Polyethylene*. Film *Polyethylene* adalah bahan utama film plastik yang memiliki daya tahan terhadap kimia yang cukup baik, serta memiliki daya tahan terhadap uap air (*moisture*).

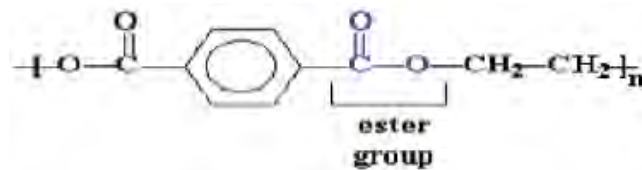
Permukaan pada film *polyethyene* inilah yang memiliki kelemahan tidak mudah dicetak karena sifatnya yang *non-polar*. Agar tinta dapat tercetak dengan mudah pada permukaan film ini maka perlu diadakannya *corona treatment* pada permukaan film tersebut.

Film plastik polietilen tereftalat (PET) merupakan poliester linier yang bersifat termoplastik yang disintetis melalui proses

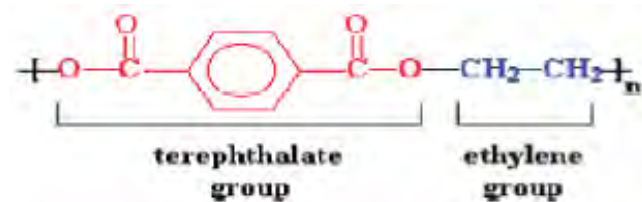
esterifikasi asam tereftalat (TPA) dan etilen glikol (EG) atau melalui proses transesterifikasi dimetil tereftalat (DMT) dan etilen glikol.<sup>6</sup>



Gambar 2.1 Ikatan kovalen PET (*Polyethylene Terephthalate*)



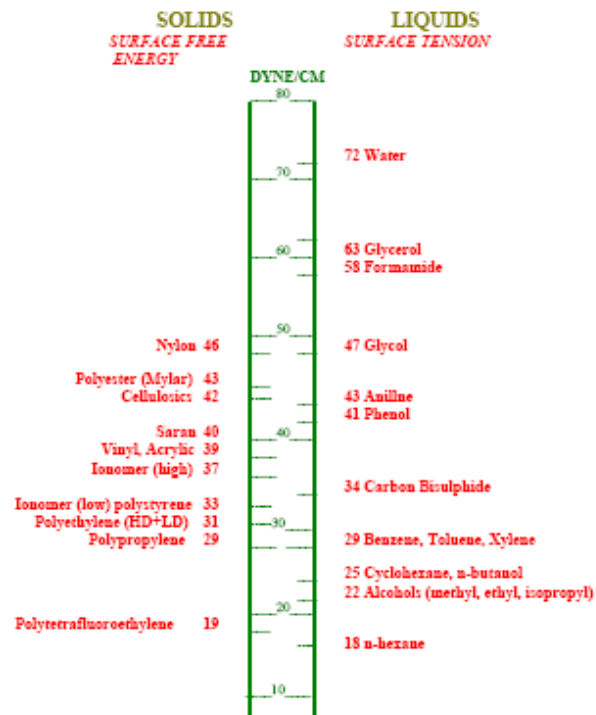
Gambar 2.2 PET (*Polyethylene Terephthalate*) termasuk golongan ester



Gambar 2.3 Struktur kimia PET (*Polyethylene Terephthalate*)

Banyaknya penggunaan film plastik PET pada industri kemasan karena memiliki karakteristik mengkilap dan transparan serta sebagai penahan gas yang baik sehingga cocok sebagai bagian yang dicetak. Selain itu film plastik PET juga dapat digunakan sebagai pelapis untuk penahan gas dengan sebelumnya dilapisi dengan aluminium karena sifatnya yang mudah dilaminasi. Film plastik PET dengan proses ini dikenal dengan *Vacuum Metalyze Polyethylene Terephthalate* (VMPET). Dengan nilai koefisien gesek yang dimiliki di antara 0,4 - 0,5 membuat film plastik PET mudah digunakan pada mesin pengisi konten kemasan (*filler machine*).

<sup>6</sup> Fabe Mega S.K dan Lukman Atmaja. *Pengaruh Katalis Zinc Acetat Dihydrate Pada Daur Ulang Limbah Polietilen Tereftalat (PET)*. (ITS: Prosiding Kimia FMIPA, 2012). h. 1



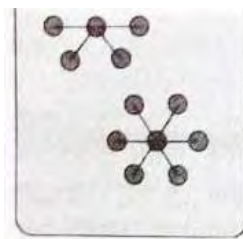
Gambar 2.4 Perbandingan antara *surface free energy solid* dan tegangan permukaan cairan

Film plastik PET memiliki tegangan permukaan yang rendah untuk proses mencetak desain sehingga tinta akan mudah lepas yaitu 39 mN/m. Untuk membuat tinta dapat merekat dengan baik pada film plastik PET, maka tegangan permukaan pada film PET dinaikkan dengan *corona treatment* hingga mencapai 45 - 48 mN/m. Penempatan material pada temperatur ruangan dan kelembaban menyebabkan tegangan permukaan pada film plastik PET mengalami penurunan hingga berada pada 45 mN/m.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Thomas R. Matthews. *Surface Properties of Poly(Ethylene Terephthalate)*. (The University of Toledo: The University of Toledo Digital Repository, 2007). h. 74

## B. Tegangan Permukaan

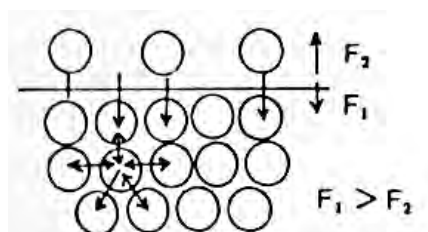
Di dalam cairan, tiap molekul ditarik oleh molekul lain yang sejenis di dekatnya dengan gaya yang sama ke segala arah. Akibatnya terdapat sisa (*resultan*) gaya yang bekerja pada masing-masing molekul. Pada permukaan cairan, tiap molekul ditarik oleh molekul sejenis di dekatnya dengan arah hanya ke samping dan ke bawah, tetapi tidak ditarik oleh molekul di atasnya karena di atas permukaan cairan berupa fase uap atau udara dengan jarak antar molekul sangat renggang. Akibatnya terdapat perbedaan gaya tarik, sehingga ada sisa gaya yang bekerja pada lapisan atas cairan. Gaya tersebut mengarah ke bawah dan jarak antara molekul lebih rapat. Adanya gaya atau tarikan ke bawah menyebabkan permukaan cairan berkonstraksi dan berada dalam keadaan tegang. Tegangan ini disebut dengan tegangan permukaan. Jadi yang dimaksud dengan tegangan permukaan adalah besarnya energi yang terjadi karena adanya perbedaan gaya tarik yang menyebabkan gaya tersebut ke bawah dan menyebabkan permukaan cairan berkonstraksi dan berada dalam keadaan tegang.



Gambar 2.5 Representasi gaya antar molekul dalam cairan

Terdapat pengertian lain mengenai tegangan permukaan, dimana tegangan permukaan adalah adanya gaya-gaya ke arah dalam yang menyebabkan adanya kecenderungan untuk mengerut, juga menyebabkan permukaan cairan seakan-

akan berada dalam keadaan tegang. Tegangan ini yang disebut tegangan muka, yang didefinisikan sebagai gaya dalam dyne yang bekerja sepanjang 1 cm pada permukaan zat cair.<sup>8</sup>



Gambar 2.6 Terjadinya tegangan permukaan

Tegangan permukaan pada polimer dapat didefinisikan sebagai kemampuan kebasahan pada permukaannya. Jika tegangan permukaan pada material dan cairan sejenis, maka cairan akan lebih efektif membasahi pada permukaannya. Kemampuan kebasahan adalah interaksi antara molekul *liquid* dan *solid*, yang dapat didemonstrasikan dengan meneteskan *liquid* pada *solid*, dengan demikian didapatkan sudut yang ditunjukkan oleh permukaan pada *solid* dan tangen untuk keadaan permukaan yang mengalami penurunan.<sup>9</sup> Selain itu terdapat pengertian lain mengenai kemampuan kebasahan, dimana kemampuan kebasahan adalah korelasi suatu tegangan permukaan pada permukaan yang ideal (memiliki sifat kimiawi yang homogen, rata, tidak bereaksi, tidak dapat berubah bentuk, dan tidak mengembang karena cairan membasahi)<sup>10</sup>. Energi permukaan atau pembasahan menjelaskan, kekuatan dibentuk oleh molekul permukaan substrat, tegangan permukaan menjadi

<sup>8</sup> Sukardjo. *Kimia Fisik*. (Jakarta: Rineka Cipta, 2013). h. 102

<sup>9</sup> Nascimento, et al. *Assessment of Wettability of Surfactant Solutions in Stainless Steel*. *International Journal of Basic & Applied Sciences* (Juni 2014). h. 8

<sup>10</sup> Palazzi, et al. *Comparison of the Surface tension of 5.25% Sodium Hypochlorite Solution with Three New Sodium Hypochlorite-based endodontic irrigants*. *International Endodontic Journal*. 2011.



istilah cair. Kedua istilah ini digunakan untuk menggambarkan struktur molekul permukaan substrat.<sup>11</sup> Untuk mendapatkan adhesi yang tinggi, perlu adanya pembasahan untuk meningkatkan energi permukaan substrat, hal ini dapat dicapai dengan memberikan perlakuan terhadap permukaan. Perlakuan korona (*corona treatment*) memberikan hasil yang baik untuk meningkatkan permukaan substrat dan sangat meningkatkan adhesi untuk tinta cetak, perekat, dan *coating* dari banyak bahan. Secara umum dapat dikatakan bahwa saat mencetak, energi permukaan substrat harus minimal 10 mN/m lebih tinggi dari tinta untuk adhesi yang baik.

Namun terkadang yang menjadi masalah adalah sering ditemukannya permukaan film plastik yang akan dicetak atau dilaminasi atau dilapisi yang telah terkontaminasi pada bagian permukaannya. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tegangan permukaan. Pada umumnya cairan yang memiliki gaya tarik antara molekulnya besar, seperti air maka tegangan permukaannya juga besar. Sebaliknya, pada cairan seperti bensin yang memiliki gaya tarik antar molekul yang kecil, maka tegangan permukaannya juga kecil. Selain itu, tegangan permukaan cairan turun bila temperatur naik, karena dengan bertambahnya temperatur molekul-molekul cairan bergerak lebih cepat dan pengaruh interaksi molekul berkurang sehingga tegangan permukaan menurun. Adanya zat pelarut pada cairan juga dapat menaikkan atau menurunkan tegangan permukaan tergantung sifat zat pelarutnya. Apabila molekul zat terlarut cenderung mengumpul pada permukaan, maka tegangan

---

<sup>11</sup> Colour Dye Etch. *Surface test Ink and Surface Treatment Information Pack*. <http://www.cdeproducts.co.uk/images/CDE%20ATI%20-%20Surface%20Treatment%20Info%20Pack.pdf> (diakses pada 12 Desember 2015).

permukaan akan turun. Sedangkan adanya zat-zat seperti sabun, detergen dan alkohol adalah efektif dalam menurunkan tegangan permukaan atau tegangan antarmuka. Zat ini sering disebut dengan *surface active agent* atau *surfactance*.<sup>12</sup> Surfaktan merupakan zat yang dapat mengaktifkan permukaan, karena cenderung untuk terkonsentrasi pada permukaan atau antar muka. Surfaktan mempunyai orientasi yang jelas sehingga cenderung pada rantai lurus. Maka dari itu, terdapat beberapa cara pengukuran tegangan permukaan yang dikembangkan. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengukur tegangan permukaan pada polimer di antaranya<sup>13</sup> :

1. Metode *Zisman Plot*
2. Metode “*Two-Liquid*”
3. Pengukuran Sudut Kontak yang tergabung langsung dengan Metode *Geometric Mean dan Harmonic Mean*
4. Metode *Equation of State*

Cara pengukuran yang cepat dan lebih fleksibel telah disampaikan dalam ISO 8296. Cara ini untuk mengukur tegangan basah pada film, tidak hanya film plastik PET saja tetapi semua film plastik dapat diukur dengan cara seperti ini. Metode yang terdapat pada ISO 8296 ini adalah metode *swap* atau mengoles cairan ke permukaan film untuk mengetahui tegangan permukaannya. Metode tersebut menggunakan spidol dan kapas. Adhesi yang terjadi antara permukaan film plastik dengan cairan yang terbuat dari komposisi yang terdapat pada ISO

---

<sup>12</sup> Estein Yazid. *Kimia Fisika untuk Mahasiswa Kesehatan*. (Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2015) h. 164

<sup>13</sup> Thomas R. Matthews. *Surface Properties of Poly(Ethylene Terephthalate)*. (The University of Toledo: The University of Toledo Digital Repository, 2007). hh. 6-7.

8296 yang menunjukkan berapa besar energi yang terdapat pada permukaan film plastik. Cairan yang dimaksud biasa dikenal dengan *dyne test pen* yang dikemas dalam kemasan spidol. Beberapa perusahaan memproduksinya dalam bentuk cairan yang dapat dilakukan pengecekan menggunakan kapas. Cairan ini juga dikenal dengan *weting tension test mixture*.

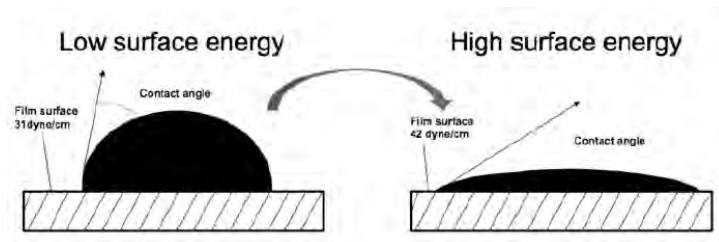
Satuan dimensi yang menandakan besarnya energi yang terdapat pada permukaan film adalah Dyne/cm atau mN/m yang sama dengan  $\text{mJ/m}^2$ . Dyne adalah satuan gaya yang sama dengan gaya yang memberikan percepatan 1 cm/sec/ sec ke 1 gram massa.<sup>14</sup>  $1 \text{ dyne/cm} = 10^{-3} \text{ N/m} = 1 \text{ mJ/m}^2 = 1 \text{ mN/m}$ .

### 1. *Corona Treatment*

Secara umum, lapisan permukaan pada film plastik memiliki energi yang rendah, sehingga cairan kimia tidak dapat bereaksi terhadapnya. Karena keadaan ini, maka pada lapisan permukaan film plastik tersebut dilakukan peningkatan energi dengan cara pemberian *corona*. Perlakuan *corona* digunakan untuk meningkatkan energi dan kemampuan menyerap cairan kimia pada lapisan permukaan film plastik tanpa mempengaruhi permukaan *topography*. Perlakuan korona ini melepaskan tegangan listrik tinggi yang digunakan untuk menaikkan adhesi pada permukaan plastik.

---

<sup>14</sup> Dyne Technology. *Surface Energy, Surface Tension Test Measurement Fluids in a Kit*. <http://www.dynetesting.com/wp-content/uploads/2012/05/Surface-Energy-Surface-Tension-Test-Measurement-Fluids-in-a-Kit.pdf> (diakses tanggal 22 Februari 2015 pada pukul 13.28 WIB).



Gambar 2.7 Penampakan permukaan plastik dengan energi permukaan yang rendah dan tinggi terhadap cairan.

Mesin yang digunakan untuk perlakuan korona memiliki unit yang terdiri dari HFG (*High Frequency Generator*) dan *Corona Station*. Film dapat di *treatment* karena jika ditinjau secara fisika, HFG (*High Frequency Generator*) pada *treater* menghasilkan tegangan dan frekuensi tinggi yang akan merusak permukaan film sehingga tegangan permukaan (*surface tension*) film akan meningkat.<sup>15</sup> *Corona station* digunakan untuk membuat pori-pori pada lembaran film tertentu (lembaran film yang tidak berpori).

*Corona station* terdiri dari unit :

- a. Regulator, digunakan untuk mengatur tegangan listrik
- b. Voltmeter, digunakan untuk melihat tegangan listrik
- c. Lempengan (plat) aluminium, digunakan sebagai katoda dalam proses pembuatan pori-pori

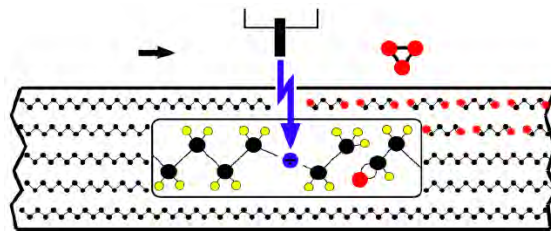
Cara kerja dan proses yang terjadi pada *corona station* adalah sebagai berikut<sup>16</sup> :

- a. Sebelum pengoperasian, siapkan dan hubungkan “*corona unit*” dengan “*corona station*” yang berada di mesin

<sup>15</sup> Hasta Nurullita dan Agung Warsito. DHET. *Sistem Corona Treatment Untuk BOPP Film Pada PT Polidayaguna Perkasa*. (UNDIP: Makalah Seminar Praktek, 2011). h. 4

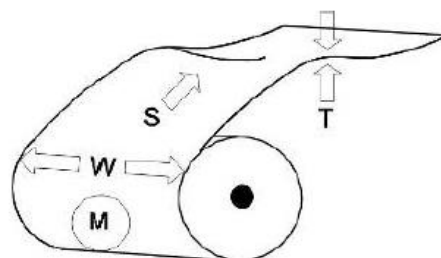
<sup>16</sup> Departemen Jenderal Industri Kecil Menengah. *op. cit.* h. 33

- b. Kemudian diatur besar tegangan yang diperlukan, pada saat lembaran film melalui “*corona station*”
- c. Prinsip kerjanya yaitu pada saat arus listrik telah mengalir dari “*corona unit*”, maka plat aluminium pada “*corona station*” akan berfungsi sebagai katoda dan lembaran film sebagai anoda. Karena listrik ini mempunyai tegangan yang tinggi, maka dari katoda akan terjadi ion negatif ke anoda dan sebaliknya. Loncatan ini semakin besar apabila tegangan listrik diperbesar pula, dengan terjadi loncatan-loncatan ion ini, maka akan terbentuk pori-pori pada lembaran film ini



Gambar 2.8 Proses ionisasi pada *corona treatment*

Setiap material yang digunakan memiliki karakteristik yang berbeda pada tingkat kelicinan dan kemampuan pada cairan aditif, yang akan berpengaruh pada perlakuan pemberian *corona*. Tidak terdapat batasan pada jenis material yang akan dinaikkan energi pada permukaannya. Nilai perlakuan *corona* yang diinginkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :



Gambar 2.9 Properti material yang akan diproses *corona treatment*

$$\text{Power (watt)} = T \times S \times W \times M \dots\dots\dots (2.1)^{17}$$

Dengan :

P = Total *power* yang diinginkan (watt)

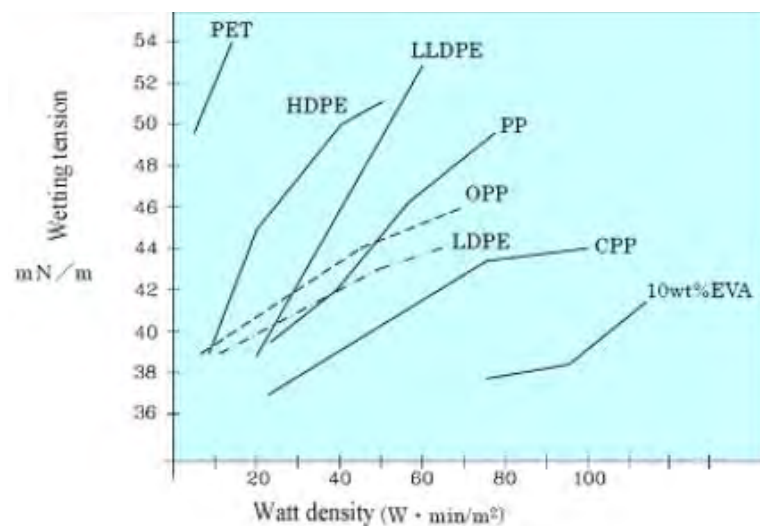
T = Nomor pada sisi yang akan di-*treat* (*single/ double side*)

S = *Line speed* (m/min)

W = lebar film (m)

M = material faktor (besarnya watt yang diinginkan, watt/m<sup>2</sup>/min)

Material faktor dapat dikatakan juga sebagai *watt density*. Material faktor ini berhubungan dengan nilai tegangan pada permukaan film. Ketika akan menggunakan perlakuan pemberian korona pada permukaan film perlu diketahui berapa nilai material faktor yang dibutuhkan karena akan berhubungan dengan besarnya tegangan permukaan yang diinginkan.



Gambar 2.10 Grafik hubungan antara material faktor terhadap tegangan permukaan film plastik.<sup>18</sup>

<sup>17</sup> Hasta Nurullita. *op. cit.* h. 5

<sup>18</sup> Kasuga Denki. Inc. *Wettability (wetting tension) and watt density*.  
<http://www.ekasuga.co.jp/en/product/185/000235.shtml> (diakses tanggal 28 Agustus 2015 pada pukul 11.03 WIB).

Untuk mencari nilai  $M$  (material faktor) dapat menggunakan perhitungan berikut :

$$M = \frac{P \text{ (power)}}{S(\text{Speed line}) \times W \text{ (lebar film)}} \dots\dots\dots (2.2)^{19}$$

Semakin besar nilai material faktor yang diberikan, maka akan semakin baik hasil dari *treatment* yang diberikan. Namun, tegangan permukaan plastik jangan melebihi ketentuan nilai dyne yang diinginkan karena akan membuat film mudah rapuh. Nilai dyne dapat ditentukan berdasarkan penggunaan film plastik tersebut. Nilai dyne berdasarkan penggunaannya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Nilai Dyne pada plastik berdasarkan penggunaannya.<sup>20</sup>

Proses – Aplikasi	dyne/cm
Cetak – cairan kimia sebagai pelarut tinta	40 – 42
Cetak – air sebagai pelarut tinta	46 – 48
Pelapisan ( <i>Coating</i> )	45 – 54
Pelapisan dengan material plastik lain ( <i>laminasi</i> )	45 – 56

Hasil dari dilakukannya *corona treatment* terhadap permukaan film dapat dilihat pada gambar berikut, dimana *pigment* warna lebih hidup, lebih cerah dan lebih menarik perhatian sehingga dapat menimbulkan rasa minat dari konsumen.

<sup>19</sup> Hasta Nurullita. *loc. cit.*

<sup>20</sup> Vetaphone. *What is Corona Treatment-By the inventors of Corona.*

<http://www.vetaphone.com/technology/coronatreatment/> (diakses tanggal 13 September 2015 pada pukul 16.28 WIB).



Gambar 2.11 Hasil cetak pada permukaan plastik sebelum dan sesudah *corona treatment*.

## 2. *Wetting Tension Test Mixture*

Selama lebih dari 30 tahun *wetting tension test mixture* telah digunakan oleh industri plastik untuk menentukan energi permukaan substrat sebelum pencetakan, pelapisan, dan pengeleman. *Wetting tension test mixture* ini dikenal dan diakui oleh standar industri ISO 8296 dan digunakan oleh semua pemasok tinta dan film plastik. *Wetting tension test mixture* merupakan standar pengukuran berupa *fluid* (cairan) yang digunakan untuk mengukur nilai tegangan permukaan film dalam satuan unit dyne/cm. *Wetting tension test mixture* biasa digunakan di industri percetakan dan industri kemasan. Standar pengukuran ini dibuat dari campuran cairan kimia *Formamide* dan *Ethylene Glycol Monoethyl Ether* sebagai bahan utamanya. Cairan kimia *Formamide* memiliki massa molar 45,04 gr/mol, sedangkan cairan *Ethylene Glycol Monoethyl Ether* memiliki massa molar 90,12 gr/mol.

Tegangan energi yang terdapat pada permukaan film perlu dilakukan pengukuran, karena akan berhubungan dengan proses cetak yang akan dilakukan nantinya. Pada beberapa material film, film dapat menyerap tinta



dengan baik apabila film tersebut memiliki nilai tegangan energi (*dyne*) yang lebih tinggi dari tegangan energi dari tinta atau cairan tersebut. Jika tidak maka akan terjadi permasalahan pada adhesinya. Pada dasarnya penggunaan standar pengukuran tidak hanya digunakan pada proses cetak saja, namun pada proses laminasi pun perlu diketahui besarnya tegangan permukaan pada film plastik.

Standar pengukuran ini memiliki prinsip kerja jika cairan ketika dioleskan di permukaan film plastik kurang dari dua detik terurai, ini menunjukkan tegangan permukaan lebih rendah, maka pengukuran ulang menggunakan cairan dengan nilai lebih rendah perlu dilakukan. Jika cairan ketika dioleskan di permukaan film plastik tetap tertahan lebih dari dua detik, maka pengukuran dengan cairan yang lebih tinggi perlu dilakukan.

Untuk dapat membuat *wetting tension test mixture* dengan baik dan benar, perlu diketahui berapa komposisi persentase pencampuran cairan bahan kimia yang digunakan. Dalam ISO 8296 diperlihatkan komposisi campuran larutan *wettability solution* per 100 ml. Berikut adalah komposisi cairan *wetting tension test mixture* :

Tabel 2.2 Komposisi campuran larutan *wetting tension test mixture* pada permukaan film

<i>Wetting Tension</i> (mN/m)	<i>Ethylene Glycol Monoethyl Ether</i> (ml)	<i>Formamide</i> (ml)	<i>Methanol</i> (ml)	<i>Air</i> (ml)
22,6			100,0	0
25,4			90,0	10,0
27,3			80,0	20,0
30,0	100,0			
31,1	97,5	2,5		
32,0	89,5	10,5		
33,0	81,0	19,4		
34,0	73,5	26,5		
35,0	65,0	35,0		
36,0	57,5	42,5		
37,0	51,5	48,5		
38,0	46,0	54,0		
39,0	41,0	59,0		
40,0	36,5	63,5		
41,0	32,5	67,5		
42,0	28,5	71,5		
43,0	25,3	74,5		
44,0	22,0	78,0		
45,0	19,7	80,3		
46,0	17,0	83,0		
48,0	13,0	87,0		
50,0	9,3	90,7		
52,0	6,3	93,7		
54,0	3,5	96,5		
56,0	1,0	99,0		
58,0		100,0		
59,0		95,0		5,0
60,0		80,0		20,0
61,0		70,0		30,0
62,0		64,0		36,0
63,0		50,0		50,0
64,0		46,0		54,0
65,0		30,0		70,0
67,0		20,0		80,0
70,0		10,0		90,0
73,0				100,0

Sumber : ISO 8296:1987. *Plastics-Film and Sheeting-Determination of Wetting Tension*.

Komposisi larutan yang terdapat pada Tabel 2.2 digunakan untuk larutan *wetting tension test mixture* dalam jumlah 100 ml. Untuk mengetahui besarnya persentase dapat dilakukan perhitungannya. Adapun perhitungan persentase volume adalah sebagai berikut:

$$\% (volume) = \frac{volume \text{ zat terlarut}}{(volume \text{ zat pelarut} + volume \text{ zat terlarut})} \times 100\% \dots\dots (2.3)^{21}$$

Pada standar industri ISO 8296 terdapat cara pengukuran tegangan permukaan pada film plastik yang dapat digunakan. Cara pengukuran tersebut adalah sebagai berikut :

- a) Pengukuran tegangan permukaan menggunakan *round tip*
- b) Pengukuran tegangan permukaan menggunakan kapas

Untuk memaksimalkan masa penggunaan cairan *wetting tension test mixture*, maka cairan *wetting tension test mixture* perlu disimpan dengan memperhatikan hal-hal berikut :

- a) Terhindar dari paparan sinar matahari langsung
- b) Cairan tersimpan pada wadah yang tertutup rapat
- c) Cairan tersimpan pada temperatur kamar antara 10°C (50°F) sampai 25°C (77°F)

---

<sup>21</sup> Sri Wahyuni dan Dewi Suryana. *Panduan Praktikum Terppilih Kimia untuk SMA Kelas XI Berdasarkan Standar Isi 2006*. (Jakarta: Erlangga, 2007). h. 4

### C. Viskositas

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Viskositas (kekentalan) berasal dari kata *Viscous*. Viskositas dapat dianggap sebagai gerakan di bagian dalam (internal) suatu fluida.<sup>22</sup> Jadi viskositas tidak lain menentukan kecepatan mengalirnya suatu cairan.

Gaya tarik antar molekul yang besar dalam cairan menghasilkan viskositas yang tinggi. Kekentalan (viskositas) merupakan sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir. Beberapa cairan ada yang mengalir cepat, sedangkan lainnya mengalir secara lambat. Cairan yang mengalir cepat seperti air, alkohol dan bensin mempunyai viskositas kecil. Sedangkan cairan yang mengalir lambat seperti gliserin, minyak castor dan madu mempunyai viskositas besar.

Satuan SI untuk viskositas adalah  $\text{N.s/m}^2 = \text{Pa.s}$  (Pascal sekon). Sedangkan menurut sistem CGS satuan viskositas adalah Poise (1 Poise = 0,1 Pa s) yang setara dengan  $\text{dyne.s/cm}^2$ . Suatu cairan mempunyai viskositas absolut atau dinamik 1 poise, bila gaya 1 dyne diperlukan untuk menggerakkan bidang seluas  $1 \text{ cm}^2$  pada kecepatan 1 cm/detik terhadap permukaan bidang datar sejauh 1 cm. Viskositas sering juga dinyatakan dalam sentipoise (1 Poise = 100 cP).

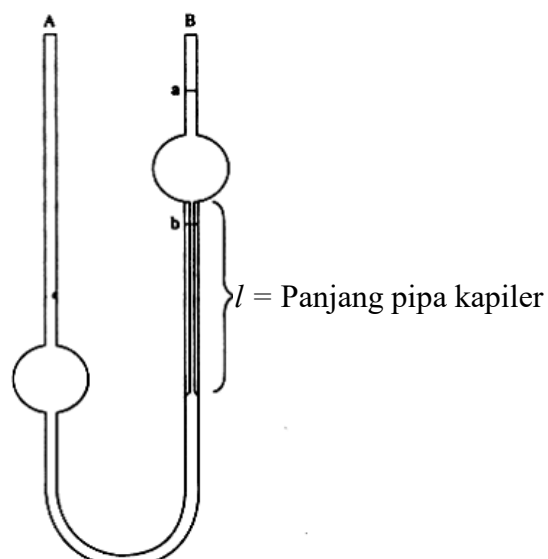
Viskositas cairan dapat ditentukan dengan beberapa cara, salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan viskometer ostwald.

---

<sup>22</sup> Devina Apriani, Gusnedi dan Yenni Darvina. *Studi Tentang Nilai Viskositas Madu Hutan dari Beberapa Daerah di Sumatera Barat untuk Mengetahui Kualitas Madu..* Pillar of Physics Vol.2. Oktober 2013. h. 91  
<http://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/fis/article/download/758/515> (diakses tanggal 19 Nopember 2015).

## 1. Viskometer Ostwald

Metode ini ditentukan berdasarkan hukum *Poiseuille* menggunakan alat viskometer ostwald seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.13. Penetapannya dilakukan dengan jalan mengukur waktu yang diperlukan untuk mengalirnya suatu cairan dalam pipa kapiler dengan gaya yang disebabkan oleh berat cairan tersebut dari batas a ke batas b.



Gambar 2.12 Viskometer Ostwald

Sejumlah tertentu cairan yang akan diukur viskositasnya dimasukkan ke dalam viskometer yang diletakkan pada sebuah statif. Cairan kemudian diisap dengan menggunakan *ball pipet* ke dalam bola bagian atas sampai pada batas a. Cairan dibiarkan mengalir menuju ke bawah sampai garis batas b dan waktu yang diperlukan dari garis batas a ke ke garis batas b dicatat menggunakan *stopwatch*.

Besarnya viskositas dapat dihitung dengan persamaan *Poiseuille* seperti berikut :

$$\eta = \frac{\pi P r^4 t}{8 V l} \dots\dots\dots (2.4)^{23}$$

$t$  adalah waktu yang diperlukan cairan bervolume  $V$ , yang mengalir melalui pipa kapiler dengan panjang  $l$  dan jari-jari  $r$ . Tekanan  $P$  merupakan perbedaan tekanan aliran kedua ujung pipa viskometer dan besarnya diasumsikan sebanding dengan berat cairan.

Pengukuran viskositas yang tepat dengan cara diatas sulit dicapai. Hal ini disebabkan harga  $r$  dan  $l$  sukar ditentukan secara tepat. Kesalahan pengukuran terutama  $r$ , sangat besar pengaruhnya karena harga ini dipangkatkan empat. Untuk menghindari kesalahan tersebut dalam praktiknya digunakan cairan pembanding. Cairan yang paling sering digunakan sebagai pembanding adalah air.

Untuk dua cairan yang berbeda dengan pengukuran alat yang sama, diperoleh hubungan :

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\pi P_1 r^4 t_1}{8 V l} \times \frac{8 V l}{\pi P_2 r^4 t_2} = \frac{P_1 t_1}{P_2 t_2} \dots\dots\dots (2.5)^{24}$$

Karena tekanan berbanding lurus dengan rapatannya ( $\rho$ ), maka berlaku :

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2} \dots\dots\dots (2.6)^{25}$$

---

<sup>23</sup> Estein Yazid. *op. cit.* h. 175

<sup>24</sup> Estein Yazid. *op. cit.* h. 176

<sup>25</sup> Estein Yazid. *loc. cit.*

Jadi, bila  $\eta$  dan  $\rho$  cairan pembanding diketahui, maka dengan mengukur waktu yang diperlukan untuk mengalir kedua cairan melalui alat yang sama dapat ditentukan  $\eta$  cairan yang sebelumnya telah dicari besar rapatannya.

Terdapat tabel yang menyatakan hubungan antara nilai viskositas cairan terhadap temperatur yang salah satu cairannya berupa air.

Tabel 2.3 Viskositas berbagai cairan pada temperatur yang berbeda dalam sentipoise (cP)\*.

Cairan	Temperatur (°C)			
	0	20	25	37
Air	1,793	1,005	0,895	-
Etanol	1,77	1,194	1,09	-
Benzena	0,91	0,64	0,61	-
Gliserin	10590	1490	945	-
Kloroform	-	0,563	-	-
Aseton	-	0,32	-	-
Darah	-	-	-	4,0
Plasma Darah	-	-	-	1,5

Sumber : Alberty, R & Daniels, F., (1983); Bird, T., (1993)

Berdasarkan Tabel 2.3 diatas, maka temperatur yang digunakan dalam penelitian ini adalah temperatur kamar 25°C. Sehingga nilai viskositas pembanding yang digunakan adalah 0,895 sentipoise. Nilai viskositas ini digunakan sebagai viskositas pembanding dalam penghitungan nilai viskositas *wetting tension test mixture*.

#### D. Higrometer

Higrometer merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban relatif pada suatu tempat. Selain digunakan untuk menjaga

kelembaban ruangan penyimpanan barang seperti *dry box* penyimpanan kamera, alat ukur ini juga digunakan untuk menjaga kelembaban di ruangan pengukuran dan instrumentasi untuk menjaga kelembaban ruangan tersebut yang rentan terhadap hasil akurasi alat-alat ukur.

Terdapat dua skala pada higrometer, yaitu skala yang menunjukkan kelembaban dan skala yang menunjukkan temperatur. Cara penggunaannya adalah dengan meletakkannya pada tempat yang akan diukur kelembabannya, kemudian tunggu dan bacalah skala yang ditunjukkan. Skala kelembaban biasanya ditunjukkan dengan persentase dan temperatur dengan derajat celcius.

Higrometer memiliki beberapa jenis yang berbeda, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Higrometer logam/ Kertas jenis foil

Higrometer jenis ini berguna untuk memberikan indikasi kelembaban dengan cepat dari perubahan kelembabannya, tetapi akurasi yang diberikan cukup terbatas. Higrometer ini bekerja dengan cara pencarian melalui unit identik yang banyak ditampilkan dan menunjukkan perbedaan dalam kelembaban yang ditunjukkan dari 10% atau lebih. Kelembaban diserap oleh strip kertas garam yang diresapi dan melekat pada sebuah kumparan logam, menyebabkan perubahan bentuk. Perubahan panjang menyebabkan indikasi pada dialnya.

2. Higrometer rambut tegangan

Higrometer ini menggunakan rambut manusia atau hewan di bawah tegangan. Panjang perubahan rambut dengan kelembaban dan perubahan



panjang yang dapat diperbesar dengan mekanisme dan atau ditunjukkan pada dial atau skala.

### 3. Higrometer elektronik

Higrometer ini menggunakan *dew-point* yang merupakan temperatur dimana sampel udara lembab (atau uap air lainnya) berada pada tekanan konstan mencapai saturasi uap air. Pada temperatur saturasi, pendinginan lebih lanjut hasil dalam larutan air.

Untuk penggunaan higrometer ini perlu diperhitungkan biaya, ruang, atau kerapuhan relevan, jenis lain dari sensor elektronik yang digunakan, dengan harga yang lebih rendah dari akurasi. Dalam sensor kelembaban kapasitif, pengaruh kelembaban pada konstanta dielektrik dari bahan polimer atau logam oksida diukur. Dengan kalibrasi, sensor ini memiliki akurasi  $\pm 2\%$  RH dalam kisaran 5 – 9% RH. Tanpa kalibrasi, akurasi yang mampu dicapainya adalah 2 sampai 3 kali lebih buruk.



Gambar 2.13 Higrometer digital

### **BAB III**

#### **METODOLOGI PENELITIAN**

##### **A. Tujuan Operasional Penelitian**

Berdasarkan masalah-masalah yang telah dirumuskan sebelumnya maka penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi dan data untuk mengetahui beberapa nilai, diantaranya besarnya waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture* pada permukaan film PET dan nilai viskositasnya. Sebagai referensi awal penelitian, komposisi larutan yang digunakan untuk membuat cairan *wetting tension test mixture* ini mengacu kepada ISO 8296 serta disesuaikan juga dengan ukuran cairan impor.

##### **B. Tempat dan Waktu Analisis**

Tempat Penelitian : Laboratorium Penelitian, *Material, Safety &*  
dan Pengujian *Fire Engineering*, Fakultas Teknik,  
Universitas Negeri Jakarta  
Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur

Waktu Pengerjaan : 16 Nopember sampai dengan 27 Nopember 2015  
Jam 09.00 – 16.00 WIB

Pemakaian laboratorium sebagai tempat penelitian karena berdasarkan ISO 291, tentang standar laboratorium di negara yang berada di iklim tropis, yaitu 27/65, dimana temperatur udara 27°C dengan kadar uap air 65%.<sup>26</sup> Namun selain itu, pengaruh karena adanya pendingin ruangan yang digunakan oleh

---

<sup>26</sup> ISO 291:1997-11. *Plastics, Standard Atmospheres, Conditioning, Testing*. h. 4

laboratorium dapat menjadi salah satu pertimbangan. Karena dalam standar ISO 291 penggunaan pendingin ruangan akan lebih memudahkan dalam memperoleh kadar uap air dan temperatur ruangan dengan temperatur 18°C sampai 23°C dengan kadar uap air 55%.

### C. Metode Penelitian

Penulisan penelitian ini berdasarkan pada buku-buku pedoman penulisan karya tulis ilmiah, sumber elektronik, dan sumber buku lainnya yang penulis anggap perlu, serta informasi dan aktualisasi di lapangan. Adapun metode yang peneliti gunakan dalam mengumpulkan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Metode Kajian Pustaka

Berdasarkan sumber pada buku-buku mata kuliah kimia teknik, fisika, mekanika fluida, maupun buku-buku lain yang berkaitan dengan alat ukur dari bahan cairan kimia yang akan diteliti, maka diperoleh teori, keterangan dan informasi yang jelas serta lengkap.

#### 2. Metode Eksperimen

Metode eksperimen ini digunakan karena merupakan metode yang cocok untuk pembuatan standar pengukuran *wetting tension test mixture* yang digunakan dalam mengukur tegangan permukaan film plastik yang bertujuan dapat menunjukkan berapa komposisi cairan *wetting tension test mixture* yang diteliti dan cairan impor yang digunakan pada permukaan plastik film PET dengan ketebalan 12µm sebagai objek penelitian serta guna

memberi informasi mengenai keberhasilan dari perhitungan persentase campuran terhadap tegangan permukaan film plastik.

### 3. Metode Tanya Jawab

Metode tanya jawab ini digunakan guna memperoleh data dan informasi secara langsung dari sumber dosen ahli pada bidang kimia dan material. Selain itu, peneliti juga memperoleh data dari sumber terkait baik dari pihak perusahaan penyuplai juga dari para pengguna alat ukur *wetting tension test mixture* di perusahaan kemasan. Sehingga peneliti akan mengetahui aktualisasi permasalahan dan solusi yang berkaitan dengan alat ukur *wetting tension test mixture* yang akan dibuat, diuji dan dianalisa.

## D. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam pembuatan alat ukur dan penelitian ini adalah sebagai berikut :

### 1. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

- a. *Microsoft Office Word 2010*
- b. *Microsoft Office Excel 2010*

### 2. Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ditujukan sebagai penunjang kegiatan bagi peneliti dalam mengerjakan penelitian, baik dalam

penulisan hasil penelitian juga ketika proses penelitian berlangsung. Adapun alat penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. *Smartphone* ASUS Zenfone 5
- b. *Stopwatch*
- c. Hygrometer digital
- d. Neraca analisis digital dengan penutup
- e. Sarung tangan karet
- f. Pipet ukur 1 ml
- g. Pipet ukur 10 ml,
- h. Labu ukur 50 ml dengan penutup
- i. *Pro pipet* berbentuk bola dari karet
- j. Piknometer 10 ml
- k. 1 set statif
- l. Klem universal
- m. Viskometer ostwald
- n. Botol 50ml warna coklat beserta tutupnya<sup>27</sup>
- o. Kapas
- p. Kaca berwarna hitam

---

<sup>27</sup> ISO 8296:1987. *Plastics-Film and Sheeting-Determination of Wetting Tension*. h. 3

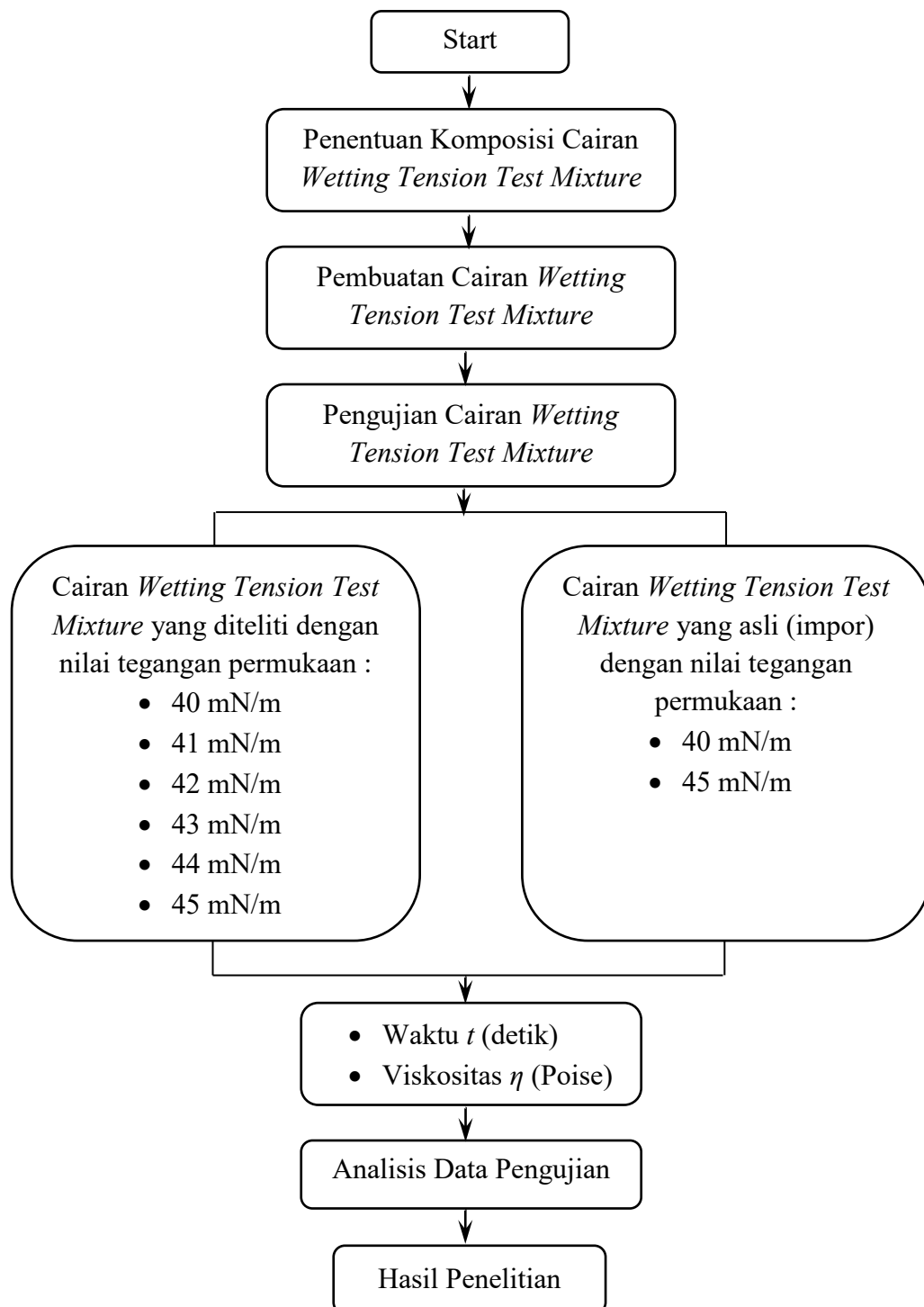
### 3. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ditujukan sebagai bahan dasar pembuatan cairan yang sedang diteliti dan sebagai cairan pembersih alat penelitian. Adapun bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Cairan kimia *Formamide emsure* 1 Liter
2. Cairan kimia *Ethoxy ethanole emsure* 2,5 Liter
3. Etil Alkohol 70% 1 Liter
4. Plastik film PET dengan tebal 12 $\mu$ m

### E. Prosedur Penelitian

Alur kerja penelitian serta pengujian terhadap penentuan komposisi cairan *wetting tension test mixture* dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian pembuatan *wetting tension test mixture*.

## F. Perancangan

### 1. Pencampuran Komposisi Cairan *Wetting Tension Test Mixture*

Pada penelitian cairan *wetting tension test mixture*, komposisi larutan yang digunakan terdiri dari larutan cairan *Formamide* dan *Ethylene Glycol Monoethyl Ether* dengan persentasi komposisi volume berdasarkan ISO 8296 dengan kapasitas volume yang disesuaikan dengan cairan *wetting tension test mixture* impor.

### 2. Pengukuran Viskositas Menggunakan Viskometer Ostwald

Dalam pengukuran viskositas cairan *wetting tension test mixture* alat yang digunakan adalah viskometer ostwald dengan alat lain yang menunjang viskometer ostwald seperti *pro pipet*, statif, klem universal dan *headboss* yang kemudian dirangkai atau disambung menjadi satu komponen.



Gambar 3.2 Viskometer ostwald dan pemasangannya



## G. Uraian Pembuatan

Proses pembuatan cairan *wetting tension test mixture* adalah sebagai berikut :

### 1. Pembuatan *Wetting Tension Test Mixture*

Pada pembuatan cairan *wetting tension test mixture* ini, cairan yang dibuat adalah cairan *wetting tension test mixture* dengan volume 50 ml.. Cairan yang dibuat adalah cairan *wetting tension test mixture* 40 mN/m, 41 mN/m, 42 mN/m, 43 mN/m, 44 mN/m dan 45 mN/m. Adapun komposisi cairan *wetting tension test mixture* dengan kapasitas 50 ml dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi larutan *wetting tension test mixture*

<i>Wetting Tension</i> (mN/m)	<i>Ethylene Glycol</i> <i>Monoethyl Ether</i> (ml)	<i>Formamide</i> (ml)
40,0	18,25	31,75
41,0	16,25	33,75
42,0	14,25	35,75
43,0	12,65	37,35
44,0	11,0	39,0
45,0	9,85	40,15

Cairan *wetting tension test mixture* impor digunakan sebagai cairan pembanding untuk mengetahui nilai mula-mula tegangan permukaan film. Adapun cairan pembanding yang digunakan adalah cairan *wetting tension test mixture* 40 mN/m dan 45 mN/m impor. Komposisi cairan *wetting tension test mixture* 40 mN/m impor terdiri dari 68% *Formamide* dan 32% *Ethoxyethanol*. Persentase yang dibuat berdasarkan total cairan *wetting*

*tension test mixture* dalam kapasitas 50 ml.<sup>28</sup> Dalam kapasitas yang sama, cairan *wetting tension test mixture* 45 mN/m impor memiliki komposisi yang terdiri dari 83% *Formamide* dan 17% *Ethoxyethanol*.<sup>29</sup>

## 2. Rangkaian Viskositas Ostwald

Pengukuran viskositas dengan viskometer ostwald dibantu oleh *pro pipet*, statif, klem universal dan *headboss*. Rangkaiannya disusun dengan statif yang telah dipasang *headboss* dan klem universal, lalu viskometer ostwald dijepit oleh klem universal kemudian tabung kecil dihubungkan langsung dengan *pro pipet*.

## H. Pengambilan Data dan Pengujian *Wetting Tension Test Mixture*

Variasi nilai tegangan permukaan yang digunakan menjadikan cairan *wetting tension test mixture* ini menjadi enam cairan dengan nilai tegangan yang berbeda. Cairan *wetting tension test mixture* yang dibuat adalah cairan *wetting tension test mixture* 40 mN/m, 41 mN/m, 42 mN/m, 43 mN/m, 44 mN/m dan 45 mN/m yang terdiri oleh dua larutan berbeda, yaitu *Formamide* dan *Ethylene Glycol Monoethyl Ether*.

Pembuatan, pengukuran massa jenis serta pengujian cairan *wetting tension test mixture* dilakukan di Laboratorium *Material, Safety & Fire Engineering* Fakultas Teknik Gedung L UNJ. Pengukuran massa jenis dengan

<sup>28</sup> Wako Pure Chemical Industries, Ltd. *Safety Data Sheet Wetting Tension Test Mixture No. 40.0*. (Osaka: 2014). h. 2  
<https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/> (diakses pada tanggal 25 Maret 2015).

<sup>29</sup> Wako Pure Chemical Industries, Ltd. *Safety Data Sheet Wetting Tension Test Mixture No. 45.0*. (Osaka: 2014). h. 2  
<https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/> (diakses pada tanggal 25 Maret 2015).

menggunakan piknometer dengan volume 10ml, dengan mengukur berat piknometer yang telah diisi cairan menggunakan timbangan digital lalu dikurangi dengan berat piknometer kosong. Hasil dari selisih tersebut  $m$  dibagi dengan jumlah volume  $v$  pada piknometer sehingga didapatlah massa jenis  $\rho$  dari cairan tersebut.

$$\rho = \frac{m}{v} \text{ (Kg/m}^3\text{)} \dots\dots\dots (3.1)^{30}$$

Viskositas cairan *wetting tension test mixture* diukur dengan metode *Poiseuille* menggunakan alat viskometer ostwald. Pengukuran viskositas  $\eta_1$  dengan menggunakan viskometer ostwald dilakukan dengan cara mengukur waktu ( $t_1$  dan  $t_{air}$ ) yang diperlukan oleh cairan untuk mengalir melalui pipa kapiler dengan sebelumnya telah terlebih dahulu diketahui nilai  $\eta_{air}$ ,  $\rho_{air}$ , dan  $\rho_1$  dengan aquadest sebagai cairan pembanding yang digunakan. Cairan *wetting tension test mixture* dituangkan ke viskometer ostwald untuk mengetahui berapa lama waktu yang dihasilkan oleh cairan tersebut untuk berpindah dari garis a ke garis b. Kemudian catat waktu menggunakan *stopwatch* dan catat hasilnya. Setelah didapatkan waktu dan massa jenis dari *wetting tension test mixture* dan aquadest, maka nilai tersebut dapat dimasukkan ke dalam persamaan (2.6) halaman 26.

Dalam pengukuran tegangan permukaan pada film plastik PET dengan ketebalan 12 $\mu$ m yang menjadi perhatian selain persentasi komposisi volume larutannya adalah besarnya waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture* ketika awal cairan tersebut dioleskan hingga cairan tersebut terurai.

---

<sup>30</sup> Young, *et all. Fisika untuk Universitas*. (Jakarta: Erlangga, 2002). h. 424

Cara pengujian yang dilakukan berdasarkan pada ISO 8296, cairan dioleskan dengan menggunakan kapas ke permukaan film plastik PET dengan ketebalan 12 $\mu$ m. Setelah itu, tunggu hingga cairan *wetting tension test mixture* mulai terurai secara perlahan. Catat waktu yang dihasilkan oleh cairan tersebut hingga cairan tersebut mulai terurai menggunakan *stopwatch*.

## **I. Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah menghitung presentase campuran cairan kimia yang akan digunakan sebagai bahan penelitian dengan kapasitas 50 ml. Kemudian mengujinya terhadap permukaan film plastik. Karena cairan ukur ini bekerja dengan cara memperkirakan besarnya tegangan permukaan pada film plastik, maka dalam prosesnya dibuat dengan berbagai variasi komposisi cairan *wetting tension test mixture*. Besarnya waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture* dari mulai dioleskan terhadap permukaan film plastik hingga cairan tersebut terurai perlu dicatat karena merupakan tujuan penelitian. Selain itu, hasil pengukuran massa dan waktu dalam pengukuran viskositas juga perlu dicatat.

## BAB IV

### HASIL DAN ANALISIS

#### A. Validasi Alat

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapas dan unit percobaan viskometer ostwald. Kapas digunakan untuk mengoleskan cairan *wetting tension test mixture* pada permukaan film, sedangkan instrumen percobaan viskometer ostwald digunakan untuk menemukan koefisien viskositas *wetting tension test mixture*.

Berbedanya komposisi larutan yang dibuat berdasarkan besarnya pada tiap-tiap nilai tegangan permukaan menyebabkan larutan memiliki nilai viskositas yang berbeda-beda pula. (Atfins. 1994) Pada dasarnya tegangan permukaan suatu zat cair dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya temperatur dan jenis zat terlarut.

Skema susunan alat dapat dilihat pada halaman 36. Cairan dituangkan ke dalam tabung viskometer ostwald sebanyak jumlah volume yang diukur massa jenisnya. Kemudian cairan dihisap dengan menggunakan *pro pipet* berbentuk bola ke tabung kapiler hingga mencapai batas *a* yang kemudian dibiarkan mengalir hingga ke *b* setelah *pro pipet* dilepaskan.

Setelah selesai mengukur viskometer dengan 1 cairan, lalu bersihkan viskometer ostwald menggunakan alkohol agar sisa cairan terbawa oleh alkohol tersebut. Kemudian lanjutkan dengan mengukur viskositas cairan lain yang berbeda-beda nilai tegangan permukaannya.

Kapas digunakan untuk mengoleskan cairan pada permukaan film plastik yang mana film plastik kali ini menggunakan film plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) dengan ketebalan 12 $\mu$ m. Kapas dicelupkan pada botol yang berisi cairan kemudian oleskan kapas ke permukaan film dan perhatikan lamanya waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture* terhadap permukaan film sampai cairan terurai. Waktu yang dihasilkan dicatat menggunakan *stopwatch*. Berdasarkan standar industri ISO 8296, jika cairan yang dioleskan pecah atau menyebar dengan waktu kurang dari dua detik maka cairan dengan nilai tegangan permukaan lebih rendah perlu dilakukan. Namun, jika cairan yang dioleskan pecah atau menyebarnya dengan waktu lebih dari dua detik maka permukaan film plastik perlu dilakukan pengukuran ulang dengan menggunakan cairan dengan nilai tegangan permukaan yang lebih tinggi.

## **B. Hasil Pengukuran Viskositas *Wetting Tension Test Mixture***

Hasil dari diketahui besarnya viskositas cairan *wetting tension test mixture* yaitu untuk membandingkannya dengan cairan impor dengan komposisi dan spesifikasi yang sama.

Sebelum mengukur viskositas cairan *wetting tension test mixture*, perlu dilakukan pengujian viskositas  $\eta_2$  terhadap air. Tujuannya untuk mengetahui waktu  $t_2$  yang dihasilkan oleh air untuk mengalir dalam pipa kapiler sebagai cairan pembanding. Pengukuran viskositas pada cairan *wetting tension test mixture* dilakukan pada temperatur 24°C  $\pm$  1°C dengan kelembaban relatif (RH) 53%  $\pm$  2%.

### 1. *Wetting Tension Test Mixture 40 mN/m Impor*

Nilai cairan *wetting tension test mixture 40 mN/m impor* memiliki massa jenis sebesar  $1048,26 \text{ Kg/m}^3$ . Hasil pengukuran viskositasnya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai viskositas *wetting tension test mixture 40 mN/m impor*

Pengukuran	Waktu (s)	Viskositas (Poise)	
		$x_i$	$x_i^2$
1	580	4,3	18,49
2	538	3,9	15,21
3	556	4,1	16,81
4	543	4,0	16,0
5	546	4,0	16,0
6	550	4,0	16,0
7	548	4,0	16,0
8	545	4,0	16,0
Jumlah		32,3	130,51
Nilai rata-rata (Poise)		4,04	
Nilai rata-rata ( $\text{N.s/m}^2$ )		0,40	
Standar Deviasi		0,118	

Pada Tabel 4.1 terlihat nilai viskositas dari *wetting tension test mixture 40 mN/m impor* dengan nilai rata-rata 4,04 Poise dan memiliki standar deviasi 0,118 Poise.

## 2. *Wetting Tension Test Mixture 45 mN/m Impor*

Nilai cairan *wetting tension test mixture 45 mN/m impor* memiliki massa jenis sebesar  $1085,22 \text{ Kg/m}^3$ . Hasil pengukuran viskositasnya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai viskositas *wetting tension test mixture 45 mN/m impor*

Pengukuran	Waktu (s)	Viskositas (Poise)	
		$x_i$	$x_i^2$
1	479	3,6	12,96
2	488	3,7	13,69
3	481	3,6	12,96
4	470	3,6	12,96
5	491	3,7	13,69
6	480	3,6	12,96
7	486	3,7	13,69
8	475	3,6	12,96
Jumlah		29,1	105,87
Nilai rata-rata (Poise)		3,64	
Nilai rata-rata ( $\text{N.s/m}^2$ )		0,36	
Standar Deviasi		0,045	

Pada Tabel 4.2 terlihat nilai viskositas dari *wetting tension test mixture 45 mN/m impor* dengan nilai rata-rata 3,64 Poise dan memiliki standar deviasi 0,045 Poise.



### 3. *Wetting Tension Test Mixture 40mN/m*

Nilai cairan *wetting tension test mixture* 40 mN/m memiliki massa jenis sebesar 1053,41 Kg/m<sup>3</sup>. Hasil pengukuran viskositasnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai viskositas *wetting tension test mixture* 40 mN/m

Pengukuran	Waktu (s)	Viskositas (Poise)	
		$x_i$	$x_i^2$
1	560	4,1	16,81
2	524	3,9	15,21
3	543	4,0	16,0
4	551	4,1	16,81
5	561	4,1	16,81
6	564	4,2	17,64
7	558	4,1	16,81
8	557	4,1	16,81
Jumlah		32,6	132,9
Nilai rata-rata (Poise)		4,08	
Nilai rata-rata (N.s/m <sup>2</sup> )		0,41	
Standar Deviasi		0,089	

Pada Tabel 4.3 terlihat nilai viskositas dari *wetting tension test mixture* 40 mN/m dengan nilai rata-rata 4,08 Poise dan memiliki standar deviasi 0,089 Poise.

#### 4. *Wetting Tension Test Mixture 41mN/m*

Nilai cairan *wetting tension test mixture* 41 mN/m memiliki massa jenis sebesar 1055,68 Kg/m<sup>3</sup>. Hasil pengukuran viskositasnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai viskositas *wetting tension test mixture* 41 mN/m

Pengukuran	Waktu (s)	Viskositas (Poise)	
		$x_i$	$x_i^2$
1	533	3,9	15,21
2	545	4,0	16,0
3	534	3,9	15,21
4	552	4,1	16,81
5	530	3,9	15,21
6	548	4,0	16,0
7	553	4,1	16,81
8	551	4,1	16,81
Jumlah		32,0	128,06
Nilai rata-rata (Poise)		4,0	
Nilai rata-rata (N.s/m <sup>2</sup> )		0,40	
Standar Deviasi		0,089	

Pada Tabel 4.4 terlihat nilai viskositas dari *wetting tension test mixture* 41 mN/m dengan nilai rata-rata 4,0 Poise dan memiliki standar deviasi 0,089 Poise.

### 5. *Wetting Tension Test Mixture* 42 mN/m

Nilai cairan *wetting tension test mixture* 42 mN/m memiliki massa jenis sebesar 1060,23 Kg/m<sup>3</sup>. Hasil pengukuran viskositasnya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Nilai viskositas *wetting tension test mixture* 42 mN/m

Pengukuran	Waktu (s)	Viskositas	
		$x_i$	$x_i^2$
1	519	3,8	14,44
2	511	3,8	14,44
3	502	3,7	13,69
4	503	3,7	13,69
5	504	3,7	13,69
6	507	3,8	14,44
7	512	3,8	14,44
8	510	3,8	14,44
Jumlah		30,1	113,27
Nilai rata-rata (Poise)		3,76	
Nilai rata-rata (N.s/m <sup>2</sup> )		0,38	
Standar Deviasi		0,055	

Pada Tabel 4.5 terlihat nilai viskositas dari *wetting tension test mixture* 42 mN/m dengan nilai rata-rata 3,76 Poise dan memiliki standar deviasi 0,055 Poise.

#### 6. *Wetting Tension Test Mixture 43 mN/m*

Nilai cairan *wetting tension test mixture 43 mN/m* memiliki massa jenis sebesar  $1068,52 \text{ Kg/m}^3$ . Hasil pengukuran viskositasnya dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai viskositas *wetting tension test mixture 43 mN/m*

Pengukuran	Waktu (s)	Viskositas (Poise)	
		$x_i$	$x_i^2$
1	506	3,8	14,44
2	494	3,7	13,69
3	501	3,7	13,69
4	509	3,8	14,44
5	509	3,8	14,44
6	497	3,7	13,69
7	504	3,8	14,44
8	502	3,8	14,44
Jumlah		30,1	113,27
Nilai rata-rata (Poise)		3,76	
Nilai rata-rata ( $\text{N.s/m}^2$ )		0,38	
Standar Deviasi		0,055	

Pada Tabel 4.6 terlihat nilai viskositas dari *wetting tension test mixture 43 mN/m* dengan nilai rata-rata 3,76 Poise dan memiliki standar deviasi 0,055 Poise.

### 7. *Wetting Tension Test Mixture* 44 mN/m

Nilai cairan *wetting tension test mixture* 44 mN/m memiliki massa jenis sebesar 1076,82 Kg/m<sup>3</sup>. Hasil pengukuran viskositasnya dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Nilai viskositas *wetting tension test mixture* 44 mN/m

Pengukuran	Waktu (s)	Viskositas (Poise)	
		$x_i$	$x_i^2$
1	488	3,7	13,69
2	506	3,8	14,44
3	509	3,8	14,44
4	497	3,7	13,69
5	498	3,7	13,69
6	502	3,8	14,44
7	493	3,7	13,69
8	490	3,7	13,69
Jumlah		29,9	111,77
Nilai rata-rata (Poise)		3,74	
Nilai rata-rata (N.s/m <sup>2</sup> )		0,37	
Standar Deviasi		0,055	

Pada Tabel 4.7 terlihat nilai viskositas dari *wetting tension test mixture* 44 mN/m dengan nilai rata-rata 3.74 Poise dan memiliki standar deviasi 0,055 Poise.

### 8. *Wetting Tension Test Mixture 45 mN/m*

Nilai cairan *wetting tension test mixture 45 mN/m* memiliki massa jenis sebesar  $1078,51 \text{ Kg/m}^3$ . Hasil pengukuran viskositasnya dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Nilai viskositas *wetting tension test mixture 45 mN/m*

Pengukuran	Waktu (s)	Viskositas (Poise)	
		$x_i$	$x_i^2$
1	499	3,8	14,44
2	480	3,6	12,96
3	486	3,7	13,69
4	487	3,7	13,69
5	495	3,7	13,69
6	480	3,6	12,96
7	494	3,7	13,69
8	490	3,7	13,69
Jumlah		29,5	108,81
Nilai rata-rata (Poise)		3,69	
Nilai rata-rata ( $\text{N.s/m}^2$ )		0,37	
Standar Deviasi		0,063	

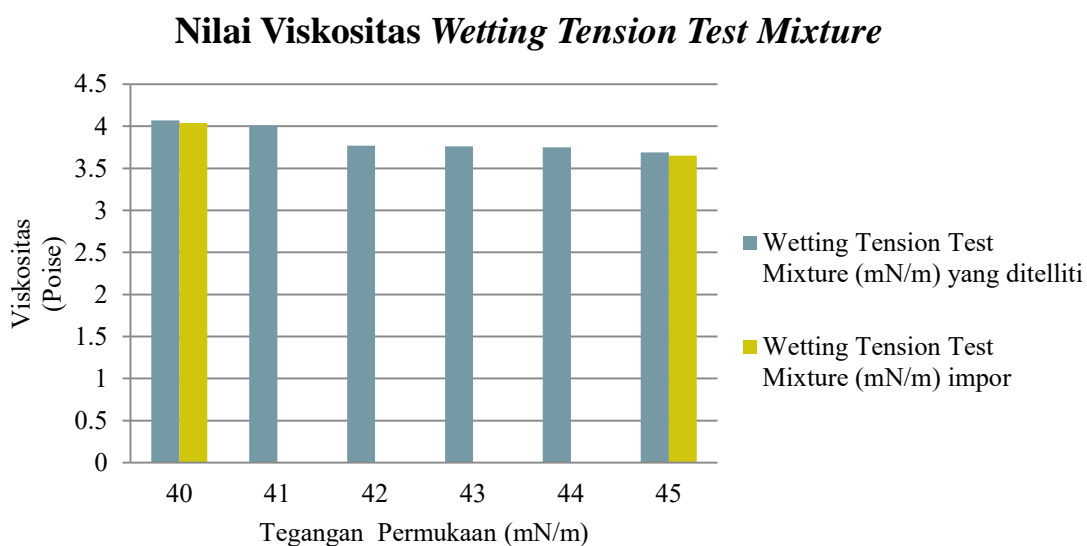
Pada Tabel 4.8 terlihat nilai viskositas dari *wetting tension test mixture 45 mN/m* dengan nilai rata-rata 3.69 Poise dan memiliki standar deviasi 0,063 Poise.

Nilai viskositas yang dimiliki oleh setiap cairan *wetting tension test mixture* memiliki keragaman. Seperti yang telah terangkum dalam Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Data nilai viskositas *wetting tension test mixture*

No	<i>Wetting Tension Test Mixture</i> (mN/m)	Nilai Viskositas		Standar Deviasi
		Poise (P)	N.s/m <sup>2</sup>	
1	40	4,08	0,41	0,089
2	40c	4,04	0,40	0,118
3	41	4,0	0,40	0,089
4	42	3,76	0,38	0,055
5	43	3,76	0,38	0,055
6	44	3,74	0,37	0,055
7	45	3,69	0,37	0,063
8	45c	3,64	0,37	0,045

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat perbedaan nilai viskositas dari masing-masing cairan *wetting tension test mixture* yang dibuat dan dari cairan yang sudah ada di pasaran.

Gambar 4.1 Nilai viskositas *wetting tension test mixture*

Pada gambar 4.1 terlihat nilai viskositas dari cairan *wetting tension test mixture* 40 mN/m paling besar dibandingkan cairan *wetting tension test mixture* yang lain. Cairan *wetting tension test mixture* 40mN/m yang diteliti memiliki nilai viskositas sebesar 4,08 Poise. Sedangkan cairan *wetting tension test mixture* 45mN/m yang diteliti memiliki nilai viskositas paling rendah diantara cairan *wetting tension test mixture* lainnya. Besarnya nilai viskositas *wetting tension test mixture* 45mN/m yaitu sebesar 3,69 Poise. Berdasarkan gambar 4.1, dapat dilihat bahwa cairan *wetting tension test mixture* yang diteliti memiliki nilai viskositas mendekati bahkan bahkan hampir menyamai nilai viskositas cairan *wetting tension test mixture* 40 mN/m dan 45 mN/m impor. Dari hasil pengukuran viskositas juga dapat dilihat bahwa nilai tegangan permukaan berbanding terbalik dengan nilai viskositas cairannya. Semakin tinggi nilai tegangan permukaan, maka nilai viskositasnya semakin kecil.

### **C. Hasil Pengujian *Wetting Tension Test Mixture***

Hasil yang didapat dari pengujian cairan *wetting tension test mixture* ini adalah besarnya waktu kumpul cairan pada permukaan film plastik PET dengan ketebalan 12  $\mu\text{m}$  hingga mulai terurai. Besarnya waktu kumpul yang dihasilkan dibandingkan dengan waktu kumpul yang dihasilkan oleh cairan *wetting tension test mixture* impor.

Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture* dengan nilai tegangan permukaan bervariasi mulai dari 40 mN/m hingga 45 mN/m dan cairan *wetting tension test mixture* 40 mN/m dan 45 mN/m impor diukur berdasarkan standar



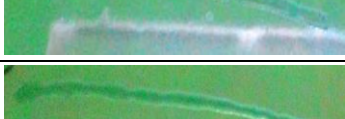

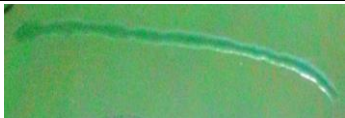






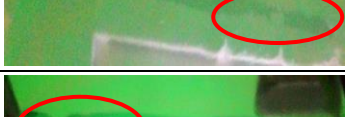
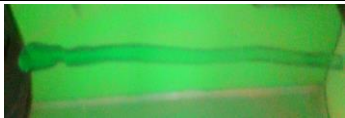
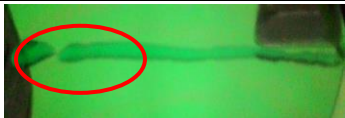
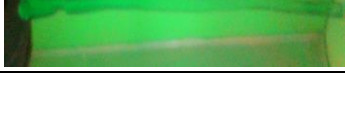



industri ISO 8296, dengan temperatur  $24^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  dengan kelembaban relatif (RH)  $53\% \pm 1\%$ , yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.10.

#### 1. *Wetting Tension Test Mixture 40 mN/m Impor*

Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 40 mN/m* impor pada permukaan film plastik PET dengan ketebalan  $12\mu\text{m}$  dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 40 mN/m* impor







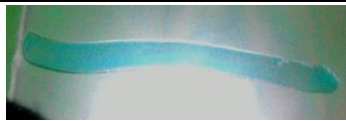

Pengukuran	Pengujian		Waktu (detik)	
	Awal	Akhir	$x_i$	$x_i^2$
1			86	7.396
2			84	7.056
3			84	7.056
4			83	6.889
5			86	7.396
6			85	7.225
7			86	7.396
8			85	7.225
Jumlah			679	57.639
Nilai Rata-rata			84,9	
Standar Deviasi			1,13	

Pada Tabel 4.10 terlihat waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 40 mN/m* impor pada permukaan film plastik dengan ketebalan  $12\mu\text{m}$  memiliki nilai rata-rata 84,9 detik dan memiliki waktu standar deviasi 1,13 detik.

## 2. *Wetting Tension Test Mixture 45 mN/m Impor*

Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 45 mN/m* impor pada permukaan film plastik PET dengan ketebalan  $12\mu\text{m}$  dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 45 mN/m* impor



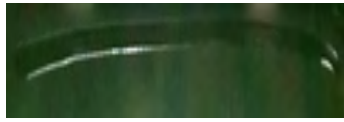





Pengukuran	Pengujian		Waktu (detik)	
	Awal	Akhir	$x_i$	$x_i^2$
1			8	64
2			9	81
3			11	121
4			10	100
5			8	64
6			11	121
7			8	64
8			9	81
Jumlah			74	696
Nilai Rata-rata			9,3	
Standar Deviasi			1,28	

Pada Tabel 4.11 terlihat waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 45 mN/m* impor pada permukaan film plastik dengan ketebalan  $12\mu\text{m}$  memiliki nilai rata-rata 9,3 detik dan memiliki waktu standar deviasi 1,28 detik.

### 3. *Wetting Tension Test Mixture 40 mN/m*

Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 40 mN/m* pada permukaan film plastik PET dengan ketebalan 12 $\mu$ m dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 40 mN/m*

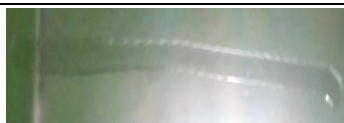

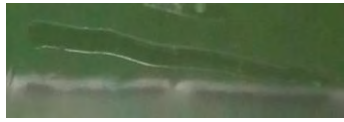





Pengukuran	Pengujian		Waktu (detik)	
	Awal	Akhir	$x_i$	$x_i^2$
1			87	7.569
2			88	7.744
3			87	7.569
4			86	7.396
5			86	7.396
6			88	7.744
7			86	7.396
8			85	7.225
Jumlah			693	60.039
Nilai Rata-rata			86.6	
Standar Deviasi			1.06	

Pada Tabel 4.12 terlihat waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 40 mN/m* pada permukaan film plastik dengan ketebalan 12 $\mu$ m memiliki nilai rata-rata 86,6 detik dan memiliki waktu standar deviasi 1,06 detik.

#### 4. *Wetting Tension Test Mixture 41 mN/m*

Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 41 mN/m* pada permukaan film plastik PET dengan ketebalan 12 $\mu$ m dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 41 mN/m*





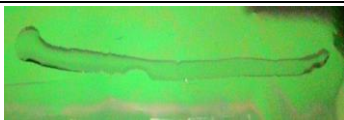

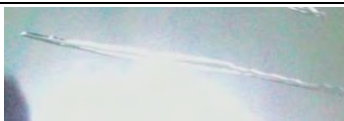

Pengukuran	Pengujian		Waktu (detik)	
	Awal	Akhir	$x_i$	$x_i^2$
1			64	4.069
2			65	4.225
3			62	3.844
4			63	3.969
5			63	3.969
6			63	3.969
7			61	3.721
8			62	3.844
Jumlah			503	31.637
Nilai Rata-rata			62,9	
Standar Deviasi			1,25	

Pada Tabel 4.13 terlihat waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 41 mN/m* pada permukaan film plastik dengan ketebalan 12 $\mu$ m memiliki nilai rata-rata 62,9 detik dan memiliki waktu standar deviasi 1,25 detik.

### 5. *Wetting Tension Test Mixture 42 mN/m*

Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 42 mN/m* pada permukaan film plastik PET dengan ketebalan 12 $\mu$ m dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 42 mN/m*





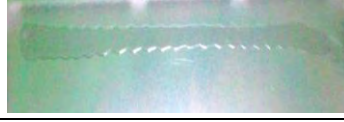

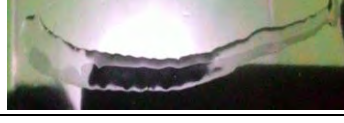

Pengukuran	Pengujian		Waktu (detik)	
	Awal	Akhir	$x_i$	$x_i^2$
1			44	1.936
2			42	1.764
3			41	1.681
4			42	1.764
5			40	1.600
6			41	1.681
7			41	1.681
8			42	1.764
Jumlah			333	13.871
Nilai Rata-rata			41,6	
Standar Deviasi			1,19	

Pada Tabel 4.14 terlihat waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 42 mN/m* pada permukaan film plastik dengan ketebalan 12 $\mu$ m memiliki nilai rata-rata 41,6 detik dan memiliki waktu standar deviasi 1,19 detik.

#### 6. *Wetting Tension Test Mixture 43 mN/m*

Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 43 mN/m* pada permukaan film plastik PET dengan ketebalan 12 $\mu$ m dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 43 mN/m*





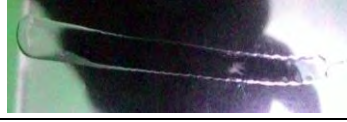



Pengukuran	Pengujian		Waktu (detik)	
	Awal	Akhir	$x_i$	$x_i^2$
1			35	1.225
2			33	1.089
3			34	1.156
4			33	1.089
5			36	1.295
6			34	1.156
7			36	1.296
8			33	1.089
Jumlah			274	9.396
Nilai Rata-rata			34,3	
Standar Deviasi			1,28	

Pada Tabel 4.15 terlihat waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 43 mN/m* pada permukaan film plastik dengan ketebalan 12 $\mu$ m memiliki nilai rata-rata 34,3 detik dan memiliki waktu standar deviasi 1,28 detik.

### 7. *Wetting Tension Test Mixture 44 mN/m*

Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 44 mN/m* pada permukaan film plastik PET dengan ketebalan 12 $\mu$ m dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 44 mN/m*

Pengukuran	Pengujian		Waktu (detik)	
	Awal	Akhir	$x_i$	$x_i^2$
1			21	441
2			23	676
3			20	289
4			23	529
5			23	625
6			21	361
7			21	729
8			22	484
Jumlah			174	3.794
Nilai Rata-rata			21,8	
Standar Deviasi			1,16	









Pada Tabel 4.16 terlihat waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 44 mN/m* pada permukaan film plastik dengan ketebalan 12 $\mu$ m memiliki nilai rata-rata 21,8 detik dan memiliki waktu standar deviasi 1,16 detik.



### 8. *Wetting Tension Test Mixture 45 mN/m*

Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 45 mN/m* pada permukaan film plastik PET dengan ketebalan 12 $\mu$ m dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 45 mN/m*

Pengukuran	Pengujian		Waktu (detik)	
	Awal	Akhir	$x_i$	$x_i^2$
1			11	121
2			10	100
3			8	64
4			9	81
5			8	64
6			11	121
7			10	100
8			9	81
Jumlah			76	732
Nilai Rata-rata			9,5	
Standar Deviasi			1,20	

Pada Tabel 4.17 terlihat waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture 45 mN/m* pada permukaan film plastik dengan ketebalan 12 $\mu$ m memiliki nilai rata-rata 9,5 detik dan memiliki waktu standar deviasi 1,20 detik.

Besarnya waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture* pada permukaan film plastik PET dengan ketebalan 12 $\mu$  hingga terurai memiliki

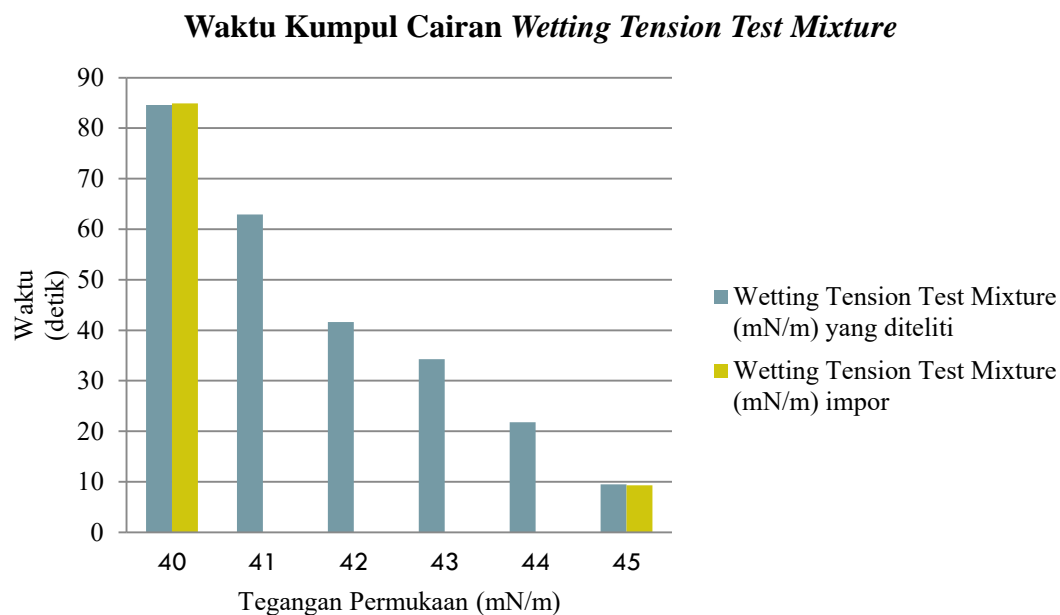


perbedaan yang cukup jelas. Seperti yang telah terangkum dalam Tabel 4.18 berikut.

Tabel 4.18 Data waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture*

No	<i>Wetting Tension Test Mixture</i> (mN/m)	Waktu (s)	Standar Deviasi (s)
1	40	84,6	1,06
2	40c	84,9	1,13
3	41	62,9	1,06
4	42	41,6	1,19
5	43	34,3	1,28
6	44	21,8	1,16
7	45	9,5	1,20
8	45c	9,3	1,28

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat perbedaan waktu kumpul dari hasil pengujian yang dicapai oleh masing-masing cairan *wetting tension test mixture* yang diteliti dan dari cairan *wetting tension test mixture* impor.



Gambar 4.2 Hasil uji *wetting tension test mixture*

Dari gambar 4.2 terlihat besarnya waktu kumpul cairan pada permukaan film plastik PET dengan ketebalan  $12\mu$  dengan menggunakan cairan *wetting tension test mixture* 40 mN/m memiliki nilai rata-rata sebesar 86,6 detik, cairan *wetting tension test mixture* 40 mN/m impor memiliki nilai rata-rata sebesar 84,9 detik. Sedangkan nilai rata-rata waktu kumpul yang diperoleh oleh cairan *wetting tension test mixture* 45 mN/m yaitu 9,5 detik dan cairan *wetting tension test mixture* 45 mN/m impor sebesar 9,3 detik.

#### D. Pembahasan

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat dilihat bahwa nilai tegangan permukaan film plastik PET dengan ketebalan  $12\mu\text{m}$  yang digunakan pada penelitian kali ini memiliki nilai tegangan permukaan lebih dari 45mN/m. Besarnya waktu cairan *wetting tension test mixture* mulai dari

tertahannya cairan pada permukaan film hingga terurai adalah sebesar 2 detik, sesuai dengan cara pengujian yang tertera pada standar industri ISO 8296.

Cairan *wetting tension test mixture* 40 mN/m memiliki waktu kumpul sebesar 86,6 detik, waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture* 41 mN/m yaitu sebesar 62,9 detik, cairan *wetting tension test mixture* 42 mN/m sebesar 41,6 detik, cairan *wetting tension test mixture* 43 mN/m sebesar 34,3 detik, waktu kumpul yang ditunjukkan cairan *wetting tension test mixture* 44 mN/m adalah 21,8 detik dan waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture* 45mN/m sebesar 9,5 detik. Kemudian, besarnya waktu kumpul cairan *wetting tension test mixture* 40 mN/m impor adalah 84,9 detik dan cairan *wetting tension test mixture* 45mN/m yaitu sebesar 9,3 detik. Dari semua sampel yang digunakan, tidak terdapat cairan *wetting tension test mixture* yang dapat digunakan pada permukaan film plastik PET dengan ketebalan 12 $\mu$  yang sesuai dengan *International Standardization Organisation* (ISO) 8296. Karena pada cairan *wetting tension test mixture* 45 mN/m, waktu kumpul yang dihasilkan tidak sesuai standar industri ISO 8296. Maka pengujian ulang dengan nilai cairan yang lebih tinggi perlu dilakukan.

Cairan *wetting tension test mixture* yang hasil pengujiannya dengan waktu dua detik dihasilkan karena persentase komposisi yang sesuai antara zat terlarut dan zat pelarut yang digunakan. Karena pada dasarnya tegangan permukaan suatu zat cair dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya temperatur dan jenis zat terlarut. Tegangan permukaan pada polimer dapat didefinisikan sebagai kemampuan kebasahan pada permukaannya. Jika tegangan permukaan

pada material dan cairan sejenis, maka cairan akan lebih efektif membasahi pada permukaannya

Berdasarkan waktu kumpul yang diperoleh, cairan *wetting tension test mixture* 40mN/m memiliki waktu kumpul yang paling lama. Hal ini diperkirakan karena persentase zat terlarut yang rendah, oleh sebab itulah waktu yang dicatat oleh cairan *wetting tension test mixture* ini lebih lama dari cairan *wetting tension test mixture* lain. Dapat diasumsikan bahwa cairan *wetting tension test mixture* ini tidak dapat digunakan untuk mengukur tegangan permukaan pada film plastik PET dengan ketebalan 12 $\mu$ m. Cairan *wetting tension test mixture* ini juga memiliki nilai viskositas yang tinggi.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan permukaan film plastik PET 12  $\mu\text{m}$  memiliki nilai tegangan permukaan  $> 45 \text{ mN/m}$ .
2. Cairan *wetting tension test mixture* 40  $\text{mN/m}$  yang diteliti memiliki waktu kumpul sebesar 86,6 detik, sedangkan cairan dengan nilai tegangan permukaan 45  $\text{mN/m}$  memiliki waktu kumpul sebesar 9,5 detik.
3. Nilai viskositas cairan *wetting tension test mixture* 40  $\text{mN/m}$  yang diteliti adalah sebesar 4,08 Poise, sedangkan cairan dengan nilai tegangan 45  $\text{mN/m}$  memiliki nilai viskositas sebesar 3,69 Poise.
4. Berdasarkan hasil parameter yang diteliti, cairan *wetting tension test mixture* 40  $\text{mN/m}$  yang diteliti memiliki waktu kumpul 86,6 detik, sedangkan cairan impor dengan nilai tegangan yang sama adalah 84,9 detik. Untuk cairan *wetting tension test mixture* 45  $\text{mN/m}$  memiliki waktu kumpul sebesar 9,5 detik, sedangkan cairan impor memiliki waktu sebesar 9,3 detik. Larutan kimia yang menjadi komposisi cairan *wetting tension test mixture* yang diteliti dan cairan impor adalah *Formamide* dan *Ethylene Glycol Monoethyl Ether*. Dari data yang didapat mengenai waktu kumpul dan larutan yang digunakan sebagai komposisi cairan *wetting tension test*

*mixture* yang diteliti memiliki waktu kumpul yang hampir sama dan jenis larutan yang digunakan sebagai komposisi larutan juga sama, maka cairan *wetting tension tension test mixture* yang diteliti dapat digunakan sebagai solusi dalam kesulitan mendapatkan cairan *wetting tension test mixture* impor.

## B. Saran

Berdasarkan kegiatan selama penelitian dan hasil penelitian, peneliti mempunyai saran-saran yang diharapkan dapat mempermudah pembaca serta para calon peneliti berikutnya dalam meneliti cairan *wetting tension test mixture*. Saran-saran tersebut adalah sebagai berikut :

1. Karena keterbatasan alat pengukur waktu menggunakan *stopwatch*, maka penggunaan kamera dengan kecepatan tinggi perlu dilakukan agar waktu kumpul dan waktu alir pada viskositas lebih akurat.
2. Penelitian mengenai indikator warna yang digunakan untuk pengukuran tegangan permukaan. Sehingga pemberian warna dapat memperlihatkan dengan jelas cairan ketika diujikan pada permukaan film plastik, terutama film plastik transparan.
3. Pengujian lebih lanjut pada berbagai tipe film plastik dapat dilakukan, karena setiap film plastik memiliki nilai tegangan permukaan yang berbeda. Fungsi dari film plastik juga berbeda tergantung pada besarnya nilai tegangan permukaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cherim, Stanley M. 1998. *Chemistry For Laboratory Technicians*. Philadelphia: W. B. Saunders Company.
- Farulta, Ita. 2003. *Efek Temperatur Terhadap Viskositas Minyak Pelumas*. Jakarta: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UNJ.
- HAM, Mulyono. 2003. *Membuat Reagen Kimia di Laboratorium*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- ISO 291. 1997. *Plastics Standard atmospheres for conditioning and testing*.
- ISO 8296. 1987. *Plastics Film and Sheeting Determination of wetting tension*.
- Khamidinal. 2009. *Teknik Laboratorium Kimia*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Pashley, Richard M dan Karaman, Malilyn E. 2004. *Applied Colloid and Surface Chemistry*. Chicster: John Willey & Sons Ltd.
- Reid, Robert C. Prausnitz, John M dan Sherwood, Thomas K. 1990. *Sifat Gas dan Zat Cair*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Skoog, Douglas A. Holler, F. James dan Nieman, Timothy A. 1998. *Principles of Instrumental Analysis*. Philadelphia: Harcourt Brace College Publishers.
- Stroud, K. A dan Booth, Dexter J. 2003. *Matematika Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Sudjana. 2005. *Metoda Statistika*. Bandung: Tarsito.
- \_\_\_\_\_. 1989. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito.
- Sukardjo. 2013. *Kimia Fisik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Tipler, Paul A. 1998. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Wahyuni, Sri dan Suryana, Dewi. 2007. *Panduan Praktikum Terpilih Kimia Untuk SMA Kelas XI Berdasarkan Standar Isi 2006*. Jakarta: Erlangga.
- Yazid, Estein. 2015. *Kimia Fisika Untuk Mahasiswa Kesehatan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Young, Hugh D. Freedman, Roger A. Sandin, T.R dan Ford, A. Lowis. 2002. *Fisika Untuk Universitas*. Jakarta: Erlangga.

## Lampiran 1 Perhitungan viskositas *wetting tension test mixtrue*

40 mN/m impor

<p>Diketahui :</p> <p><math>\eta_{\text{air}} = 0,895 \text{ cP}</math>      <math>t_1 = 580 \text{ detik}</math>  <math>t_{\text{air}} = 128 \text{ detik}</math>      <math>\rho_1 = 1048,26 \text{ kg/m}^3</math>  <math>\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3</math>  Ditanyakan <math>\eta_1 \dots\dots\dots?</math>  Penyelesaian :</p> $\frac{\eta_1}{\eta_{\text{air}}} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_{\text{air}} t_{\text{air}}}$ $\frac{\eta_1}{0,895} = \frac{1048,26 \times 580}{1000 \times 128}$ $\eta_1 = \frac{607990,8}{128000} \times 0,895$ $\eta_1 = 4,499 \times 0,895$ $\eta_1 = 4,3 \text{ Poise}$	<p>Diketahui :</p> <p><math>\eta_{\text{air}} = 0,895 \text{ cP}</math>      <math>t_2 = 538 \text{ detik}</math>  <math>t_{\text{air}} = 128 \text{ detik}</math>      <math>\rho_1 = 1048,26 \text{ kg/m}^3</math>  <math>\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3</math>  Ditanyakan <math>\eta_2 \dots\dots\dots?</math>  Penyelesaian :</p> $\frac{\eta_2}{\eta_{\text{air}}} = \frac{\rho_1 t_2}{\rho_{\text{air}} t_{\text{air}}}$ $\frac{\eta_2}{0,895} = \frac{1048,26 \times 538}{1000 \times 128}$ $\eta_2 = \frac{563963,88}{128000} \times 0,895$ $\eta_2 = 4,406 \times 0,895$ $\eta_2 = 3,9 \text{ Poise}$
<p>Diketahui :</p> <p><math>\eta_{\text{air}} = 0,895 \text{ cP}</math>      <math>t_3 = 556 \text{ detik}</math>  <math>t_{\text{air}} = 128 \text{ detik}</math>      <math>\rho_1 = 1048,26 \text{ kg/m}^3</math>  <math>\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3</math>  Ditanyakan <math>\eta_3 \dots\dots\dots?</math>  Penyelesaian :</p> $\frac{\eta_3}{\eta_{\text{air}}} = \frac{\rho_3 t_3}{\rho_{\text{air}} t_{\text{air}}}$ $\frac{\eta_3}{0,895} = \frac{1048,26 \times 556}{1000 \times 128}$ $\eta_3 = \frac{582832,56}{128000} \times 0,895$ $\eta_3 = 4,5534 \times 0,895$ $\eta_3 = 4,1 \text{ Poise}$	<p>Diketahui :</p> <p><math>\eta_{\text{air}} = 0,895 \text{ cP}</math>      <math>t_4 = 543 \text{ detik}</math>  <math>t_{\text{air}} = 128 \text{ detik}</math>      <math>\rho_1 = 1048,26 \text{ kg/m}^3</math>  <math>\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3</math>  Ditanyakan <math>\eta_4 \dots\dots\dots?</math>  Penyelesaian :</p> $\frac{\eta_4}{\eta_{\text{air}}} = \frac{\rho_1 t_4}{\rho_{\text{air}} t_{\text{air}}}$ $\frac{\eta_4}{0,895} = \frac{1048,26 \times 543}{1000 \times 128}$ $\eta_4 = \frac{569205,18}{128000} \times 0,895$ $\eta_4 = 4,447 \times 0,895$ $\eta_4 = 4,0 \text{ Poise}$



<p>Diketahui :</p> <p><math>\eta_{\text{air}} = 0,895 \text{ cP}</math>      <math>t_5 = 546 \text{ detik}</math>  <math>t_{\text{air}} = 128 \text{ detik}</math>      <math>\rho_1 = 1048,26 \text{ kg/m}^3</math>  <math>\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3</math></p> <p>Ditanyakan <math>\eta_5 \dots\dots\dots?</math></p> <p>Penyelesaian :</p> $\frac{\eta_5}{\eta_{\text{air}}} = \frac{\rho_1 t_5}{\rho_{\text{air}} t_{\text{air}}}$ $\frac{\eta_5}{0,895} = \frac{1048,26 \times 546}{1000 \times 128}$ $\eta_5 = \frac{572349,96}{128000} \times 0,895$ $\eta_5 = 4.471 \times 0,895$ $\eta_5 = 4.002 \text{ P}$	<p>Diketahui :</p> <p><math>\eta_{\text{air}} = 0,895 \text{ cP}</math>      <math>t_6 = 550 \text{ detik}</math>  <math>t_{\text{air}} = 128 \text{ detik}</math>      <math>\rho_1 = 1048,26 \text{ kg/m}^3</math>  <math>\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3</math></p> <p>Ditanyakan <math>\eta_6 \dots\dots\dots?</math></p> <p>Penyelesaian :</p> $\frac{\eta_6}{\eta_{\text{air}}} = \frac{\rho_1 t_6}{\rho_{\text{air}} t_{\text{air}}}$ $\frac{\eta_6}{0,895} = \frac{1048,26 \times 550}{1000 \times 128}$ $\eta_6 = \frac{576543}{128000} \times 0,895$ $\eta_6 = 4,504 \times 0,895$ $\eta_6 = 4,0 \text{ Poise}$
<p>Diketahui :</p> <p><math>\eta_{\text{air}} = 0,895 \text{ cP}</math>      <math>t_7 = 548 \text{ detik}</math>  <math>t_{\text{air}} = 128 \text{ detik}</math>      <math>\rho_1 = 1048,26 \text{ kg/m}^3</math>  <math>\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3</math></p> <p>Ditanyakan <math>\eta_7 \dots\dots\dots?</math></p> <p>Penyelesaian :</p> $\frac{\eta_7}{\eta_{\text{air}}} = \frac{\rho_1 t_7}{\rho_{\text{air}} t_{\text{air}}}$ $\frac{\eta_7}{0,895} = \frac{1048,26 \times 548}{1000 \times 128}$ $\eta_7 = \frac{574446,48}{128000} \times 0,895$ $\eta_7 = 4.488 \times 0,895$ $\eta_7 = 4,0 \text{ Poise}$	<p>Diketahui :</p> <p><math>\eta_{\text{air}} = 0,895 \text{ cP}</math>      <math>t_8 = 545 \text{ detik}</math>  <math>t_{\text{air}} = 128 \text{ detik}</math>      <math>\rho_1 = 1048,26 \text{ kg/m}^3</math>  <math>\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3</math></p> <p>Ditanyakan <math>\eta_8 \dots\dots\dots?</math></p> <p>Penyelesaian :</p> $\frac{\eta_8}{\eta_{\text{air}}} = \frac{\rho_1 t_8}{\rho_{\text{air}} t_{\text{air}}}$ $\frac{\eta_8}{0,895} = \frac{1048,26 \times 545}{1000 \times 128}$ $\eta_8 = \frac{571301,7}{128000} \times 0,895$ $\eta_8 = 4,463 \times 0,895$ $\eta_8 = 4,0 \text{ Poise}$

Mean

$$X = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8}{n}$$

$$X = \frac{4,3 + 3,9 + 4,1 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0}{8}$$

$$X = \frac{32,3}{8} = 4,04 \text{ Poise P}$$

Standar deviasi

$$s^2 = \frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n(n-1)}$$


$$s^2 = \frac{8(130,51) - (32,3)^2}{8(8-7)}$$

$$s^2 = \frac{1044,08 - 1043,29}{56}$$

$$s = \sqrt{0,014} = 0.118 \text{ P}$$

## Lampiran 2 *International Standarization Organitation (ISO)*

8296

<b>INTERNATIONAL STANDARD</b>	<b>ISO 8296</b>
	First edition 1987-10-01
<hr/> <div>INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION MÉTHODES D'ESSAI</div> <hr/>	
<b>Plastics — Film and sheeting — Determination of wetting tension</b>	
<i>Plastiques Film et feuille — Détermination de la tension de mouillage</i>	
Reference number ISO 8296:1987 (E)	

## Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work.

Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for approval before their acceptance as International Standards by the ISO Council. They are approved in accordance with ISO procedures requiring at least 75 % approval by the member bodies voting.

International Standard ISO 8296 was prepared by Technical Committee ISO/TC 61, *Plastics*.

Users should note that all International Standards undergo revision from time to time and that any reference made herein to any other International Standard implies its latest edition, unless otherwise stated.

7.2 Place the test specimen on the ground plate of the hand-coater (4.1). Apply a few drops of the test mixture (clause 5) to the film in front of the wire bar and spread immediately by drawing the bar.

If a brush or cotton-tipped stick is used for spreading the test mixtures, the liquid shall be spread rapidly over an area of at least 20 cm<sup>2</sup>. The quantity of liquid shall be such that it forms a thin film without pools.

Observe the liquid film of the test mixture under glancing illumination and note the time taken for the continuous liquid film to break up into droplets. If the liquid film holds together for more than 2 s, repeat the test on a new specimen with a mixture of the next higher surface tension, until the liquid film breaks up in less than 2 s. If the liquid film holds for less than 2 s, proceed to lower surface tensions until the film persists for 2 s.

7.3 For each test, use a new cotton applicator. -Clean the brush or wire bar after each use by rinsing in methanol and dry-

ing, because the liquid remaining on these spreaders will change in composition and surface tension by evaporation.

7.4 Note the mixture that comes nearest to wetting the surface for 2 s, based on at least three determinations with that mixture. The surface tension of this mixture shall be reported as the wetting tension of the plastic film.

## 8 Test report

The test report shall include the following particulars :

- a) reference to this International Standard;
- b) identification of the plastic film and, if known, its approximate age;
- c) side and location tested;
- d) the wetting tension of the film.

## Plastics — Film and sheeting — Determination of wetting tension

### 1 Scope and field of application

1.1 This International Standard specifies a method for determining the wetting tension of surfaces of plastic film and sheeting in contact with drops of specific test solutions.

1.2 The ability of plastic films to retain inks, coatings, adhesives, etc., is primarily dependent on the character of their surfaces, and can be improved by one of several surface-treating techniques. These same treating techniques have been found to increase the wetting tension of a plastic film surface in contact with mixtures of solvents. It is therefore possible to relate the wetting tension of a plastic film surface to its ability to accept and retain inks, coatings, adhesives, etc. The measured wetting tension of a specific film surface can only be related to acceptable ink, coating, or adhesive retention through experience. Wetting tension, in itself, is not a completely acceptable measure of ink, coating or adhesive adhesion.

1.3 Any contamination of the film surface and any trace of surface-active impurities in the liquid reagents may affect the wetting tension. It is therefore important that the portion of the film surface to be tested is not touched or rubbed, that all equipment be scrupulously clean, and that reagent purity be carefully controlled. Glass apparatus, in particular, is likely to be contaminated with detergents having very strong surface tension reducing ability, unless specific precautions are taken to ensure their absence such as by cleaning with an oxidizing agent, for example chromic-sulfuric acid or sulfuric acid-ammonium peroxydisulfate, and-rinsing with distilled water.

1.4 The test is not applicable when the surface of the material to be tested reacts chemically with the test solution.

1.5 It should be noted that surface properties of plastic film and sheeting may change by ageing processes. The measurements must therefore be related to the age of the film.

### 2 Reference

ISO 291, *Plastics — Standard atmospheres for conditioning*

### 3 Principle

A series of mixtures of solvents of gradually increasing surface tension are applied to the surface of the plastic film until a

and testing.

mixture is obtained that just wets the film surface. The wetting tension of the Surface under test is approximated by the surface tension of this particular mixture.

### 4 Apparatus

Ordinary laboratory apparatus and

4.1 Hand-coater, with wire bar No. 2 depositing a 12 ltm film. Alternatively, cotton-tipped wood sticks or brushes may be used, provided that they give the same test result.

4.2 Brown-glass dropper bottles.

### 5 Test mixtures

Test mixtures of graduated wetting tension shall be prepared by mixing reagent grades of ethylene glycol monoethyl ether (Cellosolve), formamide, methanol and water according to the table. The test mixtures shall be stored in the brown-glass dropper bottles (4.2). If well protected, the mixtures change very little with time. If used frequently, they shall be renewed after 3 months.

Safety precautions — When handling the solvents, the appropriate laboratory safety precautions must be taken.

### 6 Sampling

Whether a film is presented in the form of rolls or in the form of piled sheets, two surfaces are in contact (as a rule, front with reverse). When sampling, care must be taken that the surfaces to be tested do not come into contact with any other material. In the case of a roll, this is achieved by discarding the outer layer and unwinding a sample without touching the areas to be tested. In the case of a pile, some sheets are taken together and the outermost sheets discarded before testing.

The actual specimens for testing shall be taken from these samples immediately before the tests are carried out. Normally, a specimen 10 cm x 10 cm is sufficient.

### 7 Procedure

- 7.1 Conduct the test in the standard laboratory atmosphere 23/50 (see ISO 291).

7.2 Place the test specimen on the ground plate of the hand-coater (4.1). Apply a few drops of the test mixture (clause 5) to the film in front of the wire bar and spread immediately by drawing the bar.

If a brush or cotton-tipped stick is used for spreading the test mixtures, the liquid shall be spread rapidly over an area of at least 20 cm<sup>2</sup>. The quantity of liquid shall be such that it forms a thin film without pools.

Observe the liquid film of the test mixture under glancing illumination and note the time taken for the continuous liquid film to break up into droplets. If the liquid film holds together for more than 2 s, repeat the test on a new specimen with a mixture of the next higher surface tension, until the liquid film breaks up in less than 2 s. If the liquid film holds for less than 2 s, proceed to lower surface tensions until the film persists for 2 s.

7.3 For each test, use a new cotton applicator. -Clean the brush or wire bar after each use by rinsing in methanol and dry-

ing, because the liquid remaining on these spreaders will change in composition and surface tension by evaporation.

7.4 Note the mixture that comes nearest to wetting the surface for 2 s, based on at least three determinations with that mixture. The surface tension of this mixture shall be reported as the wetting tension of the plastic film.

## 8 Test report

The test report shall include the following particulars :

- a) reference to this International Standard;
- b) identification of the plastic . film and, if known, its approximate, age;
- c) side and location tested;
- d) the wetting tension of the film.

Table - Test mixtures for the determination of the wetting tension  
of plastic film and sheeting

Wetting tension	Ethylene glycol monoethyl ether	Formamide	Methanol	Water
mN/m	ml	ml	ml	ml
22,6			100,0	0
25,4			90,0	10,0
27,3			80,0	20,0
30,0	100,0			
31,0	97,5	2,5		
32,0	89,5	10,5		
33,0	81,0	19,4		
34,0	73,5	26,5		
35,0	65,0	35,0		
36,0	57,5	42,5		
37,0	51,5	48,5		
38,0	46,0	54,0		
39,0	41,0	59,0		
40,0	36,5	63,5		
41,0	32,5	67,5		
42,0	28,5	71,5		
43,0	25,3	74,7		
44,0	22,0	78,0		
45,0	19,7	80,3		
46,0	17,0	83,0		
48,0	13,0	87,0		
50,0	9,3	90,7		
52,0	6,3	93,7		
54,0	3,5	96,5		
56,0	1,0	99,0		
58,0		100,0		
59,0		95,0		5,0
60,0		80,0		20,0
61,0		70,0		30,0
62,0		64,0		36,0
63,0		50,0		50,0
64,0		46,0		54,0
65,0		30,0		70,0
67,0		20,0		80,0
70,0		10,0		90,0
73,0				100,0



## Lampiran 3 *International Standarization Organisation (ISO) 291*

DEUTSCHE NORM		November 1997
<b>Plastics</b> Standard atmospheres for conditioning and testing (ISO 291 : 1997) English version of DIN EN ISO 291		<b>DIN</b> <b>EN ISO 291</b>
ICS 83.080.01		Supersedes DIN EN 62, November 1977 edition.
Descriptors : Plastics, standard atmospheres, conditioning, testing.		
Kunststoffe – Normalklimate für Konditionierung und Prüfung (ISO 291 : 1997)		
<b>European Standard EN ISO 291 : 1997 has the status of a DIN Standard.</b>		
A comma is used as the decimal marker.		
<b>National foreword</b>		
This standard has been published in accordance with a decision taken by CEN/TC 249 to adopt, without alteration, International Standard ISO 291 as a European Standard.		
The responsible German body involved in its preparation was the <i>Normenausschuß Kunststoffe</i> (Plastics Technology Standards Committee), Technical Committee <i>Verhalten gegen Umgebungseinflüsse</i> .		
<b>Amendments</b>		
In comparison with DIN EN 62, November 1977 edition, the scope of the standard has been extended and the specifications have been completely revised.		
<b>Previous edition</b>		
DIN EN 62: 1977-11.		
		EN comprises 9 pages.

© No part of this standard may be reproduced without the prior permission of DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.  
 South Verlag GmbH, D-10772 Berlin, has the exclusive right of sale for German Standards (DIN-Normen).

Ref. No. DIN EN ISO 291 : 1997-11  
 English price group 06 Sales No. 1106  
 04.08

**EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM**

**EN ISO 291**

August 1997

ICS 83.080.10

Supersedes EN 62 : 1977.

Descriptors: Plastics, standard atmospheres, conditioning, testing.

**English version**

**Plastics**

Standard atmospheres for conditioning and testing  
(ISO 291 : 1997)

Plastiques – Atmosphères normales  
de conditionnement et d'essai  
(ISO 291 : 1997)

Kunststoffe – Normalklimate für  
Konditionierung und Prüfung  
(ISO 291 : 1997)

This European Standard was approved by CEN on 1997-07-26.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration.

Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CEN member.

The European Standards exist in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, the Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, the Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland, and the United Kingdom.

**CEN**

European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung

Central Secretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brussels

© 1997. CEN – All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national members.

Ref. No. EN ISO 291 : 1997 E

### **Foreword**

International Standard

ISO 291 : 1997 Plastics – Standard atmospheres for conditioning and testing, which was prepared by ISO/TC 61 'Plastics' of the International Organization for Standardization, has been adopted by Technical Committee CEN/TC 249 'Plastics', the Secretariat of which is held by IBN, as a European Standard.

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, and conflicting national standards withdrawn, by February 1998 at the latest.

In accordance with the CEN/CENELEC Internal Regulations, the national standards organizations of the following countries are bound to implement this European Standard :

Austria, Belgium, the Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, the Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland, and the United Kingdom.

### **Endorsement notice**

The text of the International Standard ISO 291 : 1997 was approved by CEN as a European Standard without any modification.

**1 Scope**

This International Standard sets out specifications relating to the conditioning and testing of all plastics and all types of test specimens at constant atmospheric conditions which correspond to the average atmospheric conditions in laboratories.

Special atmospheres applicable to a particular test or material or simulating a particular climatic environment are not included in this International Standard.

**2 Definitions**

For the purposes of this International Standard, the following definitions apply:

**2.1 standard atmosphere**

Preferred constant atmosphere for which specific air temperature and humidity values, as well as limit ranges for atmospheric pressure and air-circulation velocity, are specified, the air not having any significant additional constituents and the atmosphere not being subject to any significant additional radiation influences.

NOTE 1: Standard atmospheres permit a defined state to be attained and maintained for samples or specimens.

NOTE 2: Standard atmospheres correspond to the average atmospheric conditions in laboratories and can be established in conditioning (controlled atmosphere) cabinets, chambers or rooms.

**2.2 conditioning atmosphere**

Constant atmosphere in which a sample or test specimen is kept before being subjected to test.

**2.3 test atmosphere**

Constant atmosphere to which a sample or test specimen is exposed throughout the test.

**2.4 conditioning**

One or more operations intended to bring a sample or test specimen into a state of equilibrium with regard to temperature and humidity.

## 2.5 conditioning procedure

Combination of the conditioning atmosphere and the period of conditioning.

NOTE 3: In this standard the conditioning atmosphere and the test atmosphere are usually selected as the standard atmosphere.

## 2.6 ambient temperature

Environmental conditions corresponding to the usual atmospheric conditions in laboratories with uncontrolled temperature and humidity.

## 3 Principle

If a test specimen is exposed to a specific conditioning atmosphere or temperature, then a reproducible state of temperature and/or moisture equilibrium is reached between the test specimen and the conditioning atmosphere or temperature.

## 4 Standard atmospheres

Unless otherwise specified, use the conditions given in table 1 as the standard atmosphere.

Table 1 – Standard atmospheres

Symbol for standard atmosphere	Air temperature $t$ °C	Relative humidity $U$ %	Remarks
23/50	23	50	Shall be used unless otherwise specified
27/65	27	65	May be used for tropical countries if agreed on by all parties

NOTE 4: The values in table 1 apply to normal altitudes with an atmospheric pressure between 86 kPa and 106 kPa and an air-circulation velocity  $\geq 1$  m/s.

## 5 Classes of standard atmosphere

Table 2 gives two different classes of standard atmosphere corresponding to different tolerance levels for the temperature and relative humidity. The tolerances given in table 2 apply to the specimen-stowage space in a test enclosure or conditioning enclosure and include deviations both with respect to time and with respect to the position of the test specimen in the enclosure.

**Table 2 – Standard atmosphere classes corresponding to different permitted deviations**

Class	Permitted deviation in temperature $\Delta t$ °C	Permitted deviation in relative humidity $\Delta U$ %	
		23/50	27/65
1	±1	±5	±5
2	±2	±10	±10

NOTE 5: Usually, the tolerances are coupled in pairs, i.e. class 1 tolerance for both temperature and relative humidity or class 2 tolerance for both.

## 6 Standard and ambient temperatures

If humidity has no influence or a negligible influence on the properties being examined, the relative humidity does not have to be controlled. The corresponding environments are designated "temperature 23" and "temperature 27", respectively.

Similarly, if neither temperature nor humidity has any noticeable influence on the properties being examined, neither the temperature nor the relative humidity has to be controlled. In this case, the atmospheric condition is termed the "ambient temperature".

The phrase "at ambient temperature" refers to an environment the air temperature of which lies within a specified range, no consideration being given to relative humidity, atmospheric pressure or air-circulation velocity. In general, the air temperature range extends from 18 °C to 28 °C and shall be stated as "at an ambient temperature of 18 °C to 28 °C".

## 7 Procedure

### 7.1 Conditioning

The period of conditioning shall be stated in the relevant specifications for the material.

When the periods are not stated in the appropriate International Standard, the following shall be adopted:

- a) a minimum of 88 h for atmospheres 23/50 and 27/65;
- b) a minimum of 4 h for ambient temperatures of 18 °C to 28 °C.

NOTE 6: For particular tests and for plastics or test specimens that are known to reach temperature and humidity equilibrium either very rapidly or very slowly, a shorter or longer time may be specified for the conditioning period in the appropriate International Standard (see annex A).

**7.2 Testing**

Unless otherwise specified, specimens shall be tested in the same atmosphere or at the same temperature in which they have been conditioned. In all cases, the test shall be carried out immediately after the removal of the specimens from the conditioning enclosure.

## Annex A

(normative)

### Attainment of moisture equilibrium by plastics in a conditioning atmosphere

The amount of moisture absorbed by a test specimen conditioned in an atmosphere and the rate of moisture absorption or desorption vary significantly depending on the nature and the shape of the material of which the specimen is made.

The conditioning times given in 7.1 may not be satisfactory, especially in the following cases:

- materials that are known to reach equilibrium with their conditioning atmosphere only after a long period of time (for example, certain polyamides);
- unfamiliar materials, for which neither the capacity for absorbing moisture nor the time required to reach equilibrium can be estimated beforehand.

In these cases, use one of the following procedures:

- a) dry the material at an elevated temperature that will not significantly or permanently change the material (for many materials, a temperature of  $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  is acceptable);
- b) condition the specimens in atmosphere 23/50 until equilibrium has been reached;
- c) maintain the specimens in an circulating-air oven or conditioning enclosure at a prescribed elevated temperature until moisture equilibrium has been reached (the temperature and relative humidity used shall be agreed upon by all interested parties and shall be included in the test report).

Procedure a) has the disadvantage that certain property values, in particular mechanical ones, are different in the dry state from those obtained after conditioning in atmosphere 23/50.

In the case of procedure b), the following rule of thumb may be useful: equilibrium can be assumed to have been reached if two weighings made at an interval of  $d^2$  weeks differ by only 0,1 % ( $d$  being the thickness, in millimetres, of the specimen).

Procedure c) is used when the moisture diffusion characteristics of the polymer are known and can be used to determine appropriate exposure periods and conditions. The specimens shall be kept in the oven or conditioning enclosure until they are in a state of moisture equilibrium. This will be the case when the average moisture content of the material changes by less than 0,01 % during the conditioning period. Use the following criterion to estimate time to reach moisture equilibrium:

If the moisture diffusion coefficient,  $D_z$ , is known, the time to reach moisture equilibrium shall be taken as  $0,02\text{ }d^2/D_z$ , or 1 day, whichever is the greater ( $d$  being the thickness of the specimen, in millimetres, and  $t$  the conditioning time, in seconds).



**Annex B**  
(informative)

**Background information**

**B.1 General**

The previous edition of this International Standard, ISO 291:1977, was based on ISO 554:1976, *Standard atmospheres for conditioning and/or testing – Specifications*, prepared by ISO/TC 125.

ISO 291:1977 did not represent the state of the art, and some terms used in it were out of date, e.g.

- there were terms for environments with uncontrolled humidity, e.g. atmosphere 23, which could be confused with atmosphere 23/50 (with controlled humidity);
- the tolerances on temperature and relative humidity included only deviations with respect to time;
- the tolerances on relative humidity were below the theoretically possible values, e.g. the relative humidity tolerance of  $\pm 5\%$  for class 2 atmospheres without any additional limitations (concerning the time constant of the hygrometer, for instance) made no physical sense.

**B.2 New tolerances on relative humidity**

In this edition of ISO 291, the broader tolerances given include deviations with respect to time and with respect to the position of the specimen in the enclosure.

The tolerances on the humidity specified in table 2 take into consideration the fact that the minimum tolerances that can be achieved theoretically with the given temperature tolerances (i.e. if the permitted deviation for the dew point is  $\pm 0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) are broader than the tolerances given in ISO 291:1977.

The tolerance on the relative humidity is given by  $\Delta U = k_t \times \Delta t + k_{td} \times \Delta t_d$ <sup>1)2)</sup>

where

- $\Delta t$  is the tolerance on the air temperature;
- $\Delta t_d$  is the tolerance on the dew point;
- $k_t$  is a coefficient depending on the air temperature;
- $k_{td}$  is a coefficient depending on the dew point.

Examples:

Tolerances on the relative humidity when  $\Delta t_d = 0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

- atmosphere 23/50, class 2:  $\Delta U = 3,03 \times 2,0 + 3,30 \times 0,0 = 6,06\%$
- atmosphere 27/65, class 1:  $\Delta U = 3,82 \times 1,0 + 3,76 \times 0,0 = 3,82\%$

<sup>1)</sup> Strömsdörfer, G., Variations of air temperature and relative humidity, GUS-Jahrestagung Pfinztal, Germany, 1995

<sup>2)</sup> ISO 187: 1990, Annex B based on CRC Handbook of Chemistry and Physics

## Lampiran 4 Surat elektronik dari Wako Chemical

### SEMATEC PTE LTD

18 Boon Lay Way, TRADEHUB 21 #03-131, Singapore 609966  
Tel: +65 6863 1192 Fax: +65 6863 1195  
E-Mail: sematec@singnet.com.sg  
Company Reg No: 199103243H GST Reg No.: M2-0100564-7

### Quotation

State University of Jakarta

Rawamangum Muka Street, East Jakarta. Jakarta  
Indonesia

Attn: Mr./Ms.Fadjar

Tel: Fax:  
E-mail: fadjardhanadjati@gmail.com

No.: Q1503050

Date: 25 March 2015

Payment: Full-Prepayment

Validity : 30 days

We are pleased to offer the following quotation:-

Item	Code	Description	UN#	Packing	Q'ty	U/Price	Amount
C&F Jakarta in SGD							
<b>Wako Reagent</b>							
1	#234-01881	Wetting Tension Test Mixture No. 36 3822.00	UN 1171	50mL/btl	1	80.00	80.00
2	#238-01921	Wetting Tension Test Mixture No. 40 3822.00	UN 0000	50mL/btl	1	80.00	80.00
3	#233-01971	Wetting Tension Test Mixture No. 45 3822.00	UN 0000	50mL/btl	1	80.00	80.00
4	#234-02001	Wetting Tension Test Mixture No. 50 3822.00	UN 0000	50mL/btl	1	80.00	80.00
5	#231-02011	Wetting Tension Test Mixture No. 52 3822.00	UN 0000	50mL/btl	1	80.00	80.00
6	#235-02031	Wetting Tension Test Mixture No. 56 3822.00	UN 0000	50mL/btl	1	80.00	80.00
7	Transportation Charge and Handling Charge				1	650.00	650.00

#### Remarks :

- \* Basis of Price: C & F Jakarta AP
- \* Shipping Mode: By Air Freight (Japan - Jakarta Airport)  
Please instruct your forwarder to make custom clearance & handle the cargo from Jakarta AP.
- \* Lead Time: In about 2 - 3 weeks after receipt of your P/O & Full Prepayment

<b>TOTAL:-</b>	<b>SGD</b>	<b>1,130.00</b>
----------------	------------	-----------------

SEMATEC PTE LTD


K. Mpyazanva

Director

This is a computer generated document. No signature needed.

**Lampiran 5 Label material *Polyethylene Terephthalate* (PET)**

**dengan Ketebalan 12 $\mu$**

<b>ASTRIA</b>		<b>BOPET</b>		19792710	
<b>EPB-12</b>				INSIDE CORONA SIDE	
				OUTSIDE CORONA SIDE	
WIDTH	670 mm	26.38 Inch	76mm (3") CORE		
LENGTH	12,000 m	39,360 Feet	12 mic. 48 ga.		
NWEIGHT	135.07 Kg	297.78 lbs	Used Before: 2016.09		
Roll No. :		Batch# : 0006075912-00DOTJ3BOZJ9			
Z CAS 095 260 9C 01 04 01 01					

## **RIWAYAT HIDUP**



**Fadjar Dhahana Djati**, dilahirkan di Kabupaten Karawang Provinsi Jawa Barat pada tanggal 14 Juni 1991. Penulis merupakan anak pertama dari 4 bersaudara dari pasangan suami istri, Bapak Sunaryo dan Ibu Dewi Kudriyah.

Penulis menempuh pendidikan di SDN Karawang Wetan 2 (sekarang SDN Nagasari VI) lulus tahun 2003, lalu melanjutkan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Karawang Barat lulus pada tahun 2006, dan melanjutkan pendidikan di SMK Negeri 1 Karawang dan lulus pada tahun 2009, kemudian melanjutkan jenjang pendidikan ke Universitas Negeri Jakarta (UNJ) pada Tahun 2011 sampai dengan penulisan skripsi ini penulis masih terdaftar sebagai mahasiswa Program S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta (UNJ).

Sebelum melanjutkan pendidikan di Universitas Negeri Jakarta, penulis terdaftar sebagai karyawan tetap di PT Dai Nippon Printing Indonesia (PT DNP Indonesia) pada Bagian Research and Development Gravure dari tahun 2010 sampai Maret 2014.